

Criteris per a la gestió proactiva dels boscos de pi blanc per a la millora de la fi- xació de CO₂ a les Terres de l'Ebre

Martina Rovira, Dani Salom, Judit San José

Treball de fi de Grau
Ciències Ambientals

Tutors

Xavier Font
Ernest Marco
Jordi Oliver

UAB
Universitat Autònoma
de Barcelona

COPATE
CONSORCI DE POLITIQUES AMBIENTALS
DE LES TERRES DE L'EBRE



OR  ZA

Agraïments

Volem expressar el nostre més profund i sincer agraïment a totes aquelles persones que ens han ajudat a realitzar aquest projecte. Per una banda, als nostres tutors, Ernest Marco, Jordi Oliver i Xavier Font, que ens han anat guiant durant tot el nostre projecte i ens han ajudat sempre que els hi hem demanat.

També volem agrair als membres del COPATE, sobretot en Josep Aragonès i en Climent Ferré, tota l'ajuda que ens han donat des dels primers dies de començar amb el projecte. Volem donar les gràcies especialment a en Climent, que ens ha resolt tots els dubtes que li hem plantejat setmana rere setmana i ens ha acompanyat al camp sempre que ha estat necessari i amb qui hem après molt a l'hora de fer treball de camp.

Per desenvolupar aquest treball també han estat molt importants els experts del CREAM, sobretot n'Anabel Sánchez i n'Eduard Pla, que ens han dedicat molta atenció (i temps) per aprendre a manejar el Gotilwa+, resolent-nos tots els dubtes que hem tingut sobre la modelització i encoratjant-nos en aquest treball.

Volem agrair també a en David Molina el seu suport amb l'elaboració de la cartografia, que ens ha ajudat en tots els dubtes i problemes que hem tingut.

Finalment, agrair també al suport donat per les nostres famílies i amics durant el projecte.

Índex de continguts

Resum executiu	8
1. Antecedents	11
1.1. Canvi climàtic i boscos	12
1.1.1. Canvi climàtic	12
1.1.2. Embornals de carboni	13
1.1.3. Superfícies forestals com a embornals de carboni	13
1.1.4. Gestió forestal	14
1.1.5. Característiques generals i distribució del pi blanc	15
1.2. Reserva de la Biosfera de les Terres de l'Ebre	18
1.2.1. Creació de la Reserva de la Biosfera de les Terres de l'Ebre	18
1.2.2. Situació geogràfica i àmbit d'estudi	19
1.2.3. Context socioeconòmic	21
1.2.4. Medi físic	22
2. Justificació del projecte	28
3. Objectius	30
4. Metodologia	32
4.1. Modelització informàtica amb Gotilwa+	34
4.2. Càlcul de la biomassa aèria total amb equacions al·lomètriques	35
4.3. Treball de camp	37
4.3.1. Inventaris forestals	37
4.3.2. Mesures de profunditat i proporció d'elements grossos del sòl	38
4.4. Recerca de dades	38
5. Resultats i discussió	40
5.1. Descripció qualitativa de la vegetació de la Vall d'en Bages en les diferents zones	41
5.1.1. Zona de solana	41
5.1.2. Zona d'obaga sense bancals	42
5.1.3. Zona d'obaga amb bancals	42
5.2. Dades obtingudes	42
5.2.1. Distribució de les classes diametral	44
5.2.2. Percentatge d'elements grossos	48
5.2.3. Procés de calibratge	48
5.3. Captura del carboni	51

5.3.1.	Càlcul de la BAT amb les equacions al·lomètriques	51
5.3.2.	Càlcul de la BAT amb el Gotilwa+	52
5.3.3.	Comparació i discussió dels resultats de la BAT	53
5.3.4.	Càlcul de la biomassa total i de la fixació de CO ₂	53
5.4.	Criteris de gestió forestal per a la maximització de la fixació de CO₂.....	54
5.4.1.	Criteris de gestió forestal en la zona de solana	56
5.4.2.	Criteris de gestió forestal en la zona d'obaga.....	62
5.4.3.	Criteris generals de gestió forestal per a maximitzar la captura i fixació de CO ₂	65
5.4.4.	Destí dels productes de la gestió forestal.....	67
6.	Conclusions	68
7.	Propostes de millora.....	70
8.	Bibliografia.....	81
Programació	84	
Pressupost	85	
Petjada de carboni.....	86	
Annex I.....	87	
Annex II.....	92	

Índex de taules

Taula 1. Classificació dels boscos de pi blanc a Catalunya.....	16
Taula 2. Superfície dels boscos de pi blanc a les Terres de l'Ebre	17
Taula 3. Coordenades dels límits extrems de la Reserva de la Biosfera Terres de l'Ebre.....	19
Taula 4. Dades de superfície, nombre d'habitats, densitat de població i taxa de creixement a les diferents comarques de les Terres de l'Ebre	21
Taula 5. Extensió total i per zones topogràfiques de la Vall d'en Bages.....	44
Taula 6. Valors d'abundància d'elements grossos (> 2 mm) al sòl (%)	48
Taula 7. Valor mitjà i rang de producció de fusta i escorça (t/ha/any) a la Regió VII de l'IFN....	49
Taula 8. Dades mitjanes mensuals de l'estació PN dels Ports elaborades a partir de les mitjanes mensuals dels anys 2007 a 2016	49
Taula 9. Dades de quantitat de matèria orgànica d'una mostra de sòl (La Moleta)	50
Taula 10. Dades edàfiques introduïdes al Gotilwa+	51
Taula 11. Producció de fusta i escorça (t/ha/any) obtingudes amb simulacions per 25 anys....	51
Taula 12. Biomassa aèria total obtinguda a cada parcel·la expressada en t/ha.....	52
Taula 13. Biomassa aèria total obtinguda a partir de les equacions al·lomètriques per zones topogràfiques expressada en t/ha.....	52
Taula 14. Biomassa aèria total obtinguda a partir del Gotilwa+ per zones topogràfiques expressada en t/ha	52
Taula 15. Valors de la biomassa aèria total (BAT), biomassa subterrània total (BST) i biomassa total per zones topogràfiques expressades en t/ha.	53
Taula 16. Capacitat d'embornal de carboni i CO ₂ fixat a cada zona topogràfica determinada amb el Gotilwa+	54
Taula 17. Criteris de gestió forestal introduïts al Gotilwa+ a la Simulació 1 de solana	56
Taula 18. Criteris de gestió forestal introduïts al Gotilwa+ a la Simulació 2 de solana	57
Taula 19. Criteris de gestió forestal introduïts al Gotilwa+ a la Simulació 5 de solana	60
Taula 20. Criteris de gestió forestal introduïts al Gotilwa+ a la Simulació 6 de solana	61
Taula 21. Criteris de gestió forestal introduïts al Gotilwa+ a la Simulació 1 d'obaga.....	62
Taula 22. Criteris de gestió forestal introduïts al Gotilwa+ a la Simulació 2 d'obaga.....	63
Taula 23. Taula resum de les propostes de millora del projecte	71
Taula 24. Descripció de les fitxes de les accions.....	72
Taula 25. Criteris de determinació de prioritats en les accions.....	72

Índex de figures

Figura 1. Increment de la concentració de CO ₂ (ppm) des de l'any 1984 fins al 2015	12
Figura 2. Tones de carboni acumulades per hectàrea per diferents espècies dels boscos catalans i la mitjana ponderada a tota la regió de Catalunya.....	14
Figura 3. Distribució dels boscos de pi blanc a Catalunya	17
Figura 4. Mapa de la zonificació de la Reserva de la Biosfera de les Terres de l'Ebre.....	19
Figura 5. Mapa de la situació de la Vall d'en Bages	21
Figura 6. Distribució en percentatge de la població dels municipis de la Reserva de la Biosfera Terres de l'Ebre per franges d'edat.....	22
Figura 7. Representació del model de les parcel·les: sense correcció de pendent (a) i amb correcció de pendent (b).....	37
Figura 8. Mesura del diàmetre normal mitjançant una forcípula.....	38
Figura 9. Mesura de la profunditat del sòl.....	38
Figura 10. Mesura de l'abundància d'elements grossos del sòl amb el sedàs i la bàscula.....	38
Figura 11. Esquema de la metodologia a seguir durant el projecte	39
Figura 12. Imatge de la zona de solana a la Vall d'en Bages.....	41
Figura 13. Imatge de la zona d'obaga sense bancals a la Vall d'en Bages	42
Figura 14. Imatge de la zona d'obaga amb bancals a la Vall d'en Bages	42
Figura 15. Límits geogràfics de la Vall d'en Bages	43
Figura 16. Cartografia de la vall d'en Bages	43
Figura 17. Localització de les nou parcel·les mostrejades a la Vall d'en Bages	44
Figura 18. Distribució de les classes diametral per les parcel·les de solana	45
Figura 19. Distribució de les classes diametral per les parcel·les d'obaga sense bancals.....	45
Figura 20. Distribució de les classes diametral per les parcel·les d'obaga amb bancals.....	46
Figura 21. Distribució de les classes diametral per a cada zona topogràfica	46
Figura 22. Distribució de les classes diametral per les zones de solana i obaga	47
Figura 23. Distribució de les classes diametral a la Vall d'en Bages.....	48
Figura 24. Evolució del NEE amb la Simulació 1 i la no gestió a solana	56
Figura 25. Evolució del NEE amb la Simulació 1 i la Simulació 2 a solana	57
Figura 26. Evolució del NEE amb la Simulació 2 i la Simulació 3 a solana	58
Figura 27. Evolució del NEE amb la Simulació 3 i la Simulació 4 a solana	59
Figura 28. Evolució del NEE amb la Simulació 4 i la Simulació 5 a solana	60
Figura 29. Evolució del NEE amb la Simulació 5 i la Simulació 6 a solana	61
Figura 30. Evolució del NEE a la zona d'obaga sense gestió	62
Figura 31. Evolució del NEE a la zona d'obaga sense gestió i amb la Simulació 1	63

Figura 32. Evolució del NEE a la zona d'obaga a la Simulació 1 i la Simulació 2	64
Figura 33. Evolució del NEE a la zona d'obaga a la Simulació 2 i la Simulació 3	64
Figura 34. Evolució del NEE per les diferents simulacions a la zona de solana	65
Figura 35. Evolució del NEE per les diferents simulacions a la zona d'obaga.....	66



Resum executiu

Després de la Revolució Industrial, la concentració atmosfèrica de CO₂ va començar a augmentar, passant d'una concentració del voltant dels 278 ppm fins als més de 400 ppm actuals, provocant un canvi climàtic a escala global. És per això que s'estan destinant esforços per intentar mitigar aquests efectes amb diverses tècniques. Un dels recursos naturals emprat per tal de reduir aquesta concentració és el segrest de CO₂ per part de les superfícies forestal, creant els embornals de carboni.

En aquest projecte s'ha volgut determinar la capacitat d'embornal de carboni del bosc de pi blanc de la Vall d'en Bages, ubicada a la Reserva de la Biosfera de les Terres de l'Ebre, on domina el pi blanc (*Pinus halepensis*). Un cop obtinguda aquesta estimació, s'ha pretès proposar uns criteris de gestió forestal que permetin millorar la fixació del CO₂ als boscos de pi blanc.

Dins l'àmbit d'estudi s'han pogut diferenciar tres zones topogràfiques sobre les que creix el pi blanc: la zona de solana, la zona d'obaga i la zona d'obaga amb bancals. Per determinar si existeixen diferències en el desenvolupament del pi blanc per cada zona, s'ha estudiat l'estructura forestal.

Per poder complir els objectius, s'ha fet servir el programa de modelització informàtic Gotilwa+, que permet obtenir dades sobre la producció del bosc i fer simulacions per conèixer l'evolució de la massa forestal. Per fer funcionar el model, la informació que s'ha necessitat és: l'estructura forestal (distribució de les classes diametral), dades climàtiques diàries d'un període mínim de 10 anys, dades de l'ecofisiologia del pi blanc i dades edàfiques. Per obtenir les dades edàfiques i conèixer l'estructura forestal s'ha desenvolupat un treball de camp; per conèixer les dades climàtiques, s'ha consultat el Servei Meteorològic de Catalunya; i pel que fa a l'ecofisiologia de l'espècie, es troba predefinida al model.

Per al càlcul de la capacitat d'embornal de carboni, han estat necessàries dades de biomassa total. A partir d'aquí, i coneixent l'extensió de la vall amb l'elaboració de la seva cartografia, s'ha pogut realitzar una conversió i extrapolació per obtenir les tones de carboni emmagatzemades. La biomassa total és la suma de la Biomassa Aèria Total (BAT) i la biomassa de les arrels. Aquestes dades es poden obtenir amb el Gotilwa+. Per poder conèixer els possibles errors de càlcul del model, la BAT també s'ha calculat a partir de les equacions al·lomètriques, tenint en compte el diàmetre normal (DN) de cada individu.

Les simulacions s'han realitzat per establir uns criteris de gestió forestal que permetin millorar la fixació de CO₂, introduint diferents ordres de gestió, de manera que s'ha pogut conèixer com va evolucionant la superfície forestal i com han anat afectant a la fixació de CO₂. Això s'ha pogut veure amb la variable del *Net Ecosystem Exchange* (NEE): quan els valors de NEE són positius, el sistema forestal emet CO₂; quan els valors són negatius, el sistema capta CO₂.

Els resultats del treball de camp han mostrat una estructura forestal força semblant a totes les zones d'obaga (amb i sense bancals), però prou diferents amb la solana. Per tant, l'estudi de la capacitat d'embornal de carboni i dels criteris de gestió forestal s'ha fet per cadascuna d'aquestes dues zones per separat.

Els valors de la BAT obtinguts amb les equacions al·lomètriques han estat de 74,37 t/ha a la zona de solana i 117,34 t/ha a la zona d'obaga. Els valors de la BAT que han resultat del Gotilwa+ són de 75,95 t/ha per a la zona de solana i 104 t/ha a la zona d'obaga. Aquestes petites diferències poden ser degudes al fet que el model no ha tingut en compte el diàmetre normal (DN) de cada individu, sinó que els ha agrupat per classes diametral, mentre que el càlcul de la BAT amb les equacions al·lomètriques ha tingut en compte el DN de cada individu. Un cop obtinguts els valors de BAT i vists els possibles errors de càlcul, s'ha calculat la biomassa de les arrels amb el Gotilwa+. El valor de la biomassa total calculada amb el Gotilwa+ ha estat de 94,6 t/ha per la zona

de solana i 130 t/ha per la zona d'obaga. Tenint en compte l'extensió de la vall, la capacitat d'embornal de carboni de l'àmbit d'estudi ha estat de 27.890 tones de carboni. Aquest valor correspon només al carboni emmagatzemat al pi blanc, sense tenir en compte el que pot fixar el sotabosc o altres espècies com la carrasca, que té també una àmplia distribució, sobretot a la zona d'obaga.

Les ordres de gestió introduïdes s'han d'encaminar a mantenir un bosc jove, de manera que els individus vagin fixant carboni als seus teixits durant el creixement. Per fer-ho, s'han de realitzar tallades per fixar una àrea basal adequada a deixar i anar fent regeneracions de plançons que fixin CO₂ durant el seu creixement. Amb les simulacions també s'han volgut determinar quins són els períodes òptims de rotació. En aquest període se simulen tallades per mantenir una àrea basal de 10 m²/ha cada 10 anys i fer regeneracions de 1000 peus/ha a cada tallada. En aquestes tallades s'ha volgut mantenir la distribució de classes diametral. Amb les simulacions també s'ha pogut comprovar que amb la tallada del 50% dels arbres de les classes diametral majors, els valors del NEE esdevenen més negatius. Introduint aquestes ordres de gestió, s'ha estimat que la zona d'obaga podria captar 1,69 t/ha/any de carboni i 1,66 t/ha/any de carboni per solana. Aquests dos valors per a cada zona topogràfica han estat molt semblants, havent introduït les mateixes ordres de gestió, pel que es podrien desenvolupar les mateixes tasques de gestió a tota la vall. Això implicaria la fixació de 302.127 tones de CO₂ durant 100 anys a la Vall d'en Bages.

Per realitzar les diferents simulacions, no s'ha tingut en compte cap escenari de canvi climàtic, pel que les tasques de gestió forestal que s'haurien de dur a terme al final del període poden no ser vàlides. A més a més, s'haurien de tenir en compte les emissions de CO₂ que suposarà dur a terme aquesta gestió per part de la maquinària, ja que el balanç final pot resultar en una emissió de CO₂ major que amb l'escenari de no gestió.

D'altra banda, els criteris de gestió proposats en aquest projecte es contraposen a gestions amb altres objectius, sobretot amb la gestió forestal per a la prevenció d'incendis, en què s'eliminen el sotabosc i arbres menors i es mantenen els arbres majors. Per poder desenvolupar una gestió multifuncional, la gestió forestal s'ha de dur a terme a nivell de paisatge, determinant les zones més vulnerables als incendis i establint altres zones que actuïn captant CO₂.

La biomassa obtinguda a les tallades pot ser destinada a la producció d'estella, de manera que esdevingui una font d'energia renovable. Amb aquest ús, el balanç final de CO₂ és quasi neutre, mentre que altres fonts energètiques, com els combustibles fòssils, tenen una emissió neta de CO₂ amb la seva extracció i combustió. Per evitar emissions de CO₂ en el transport, la producció i distribució de l'estella s'hauria de dur a terme als municipis més propers.



1. Antecedents

1.1. Canvi climàtic i boscos

1.1.1. Canvi climàtic

És evident que la societat està preocupada pel canvi global del clima que està prenent importància des de les últimes dècades fins l'actualitat, i aquesta preocupació troba raó en dos aspectes: és un seguit de processos que s'estan duent a terme a un ritme molt major al dels altres canvis climàtics en la història i el principal motor d'aquest canvi (o en tot cas, accelerador) és antropogènic.

L'escalfament global que està patint la Terra és degut principalment a l'augment dels aerosols i de les emissions dels gasos de l'efecte hivernacle, concretament del diòxid de carboni (CO_2), emès per l'ús de combustibles fòssils (Callendar, G. S. 1993).

Els canvis en la concentració dels gasos de l'efecte hivernacle a l'atmosfera modifiquen directament l'equilibri establert: no només permeten el pas dels rajos solars sinó que també impedeixen que part d'aquests arribin un altre cop a l'atmosfera (Hegerl, G. C. et al., 1996).

Abans de la revolució industrial, la concentració de CO_2 era de 278 ppm (World Meteorological Organization, 2016) i representava un balanç natural entre l'atmosfera, els oceans i la biosfera. Però a la segona meitat del segle XVIII, amb l'inici de la revolució industrial, es va alterar aquest balanç amb la constant crema de combustibles fòssils: primer carbó i més endavant, petroli.

Des d'aleshores, les emissions de gasos de l'efecte hivernacle no han parat d'incrementar (veure **Figura 1**). Durant l'any 2015, es va arribar a una concentració de CO_2 superior 400 ppm (parts per milió) (World Meteorological Organization, 2016).

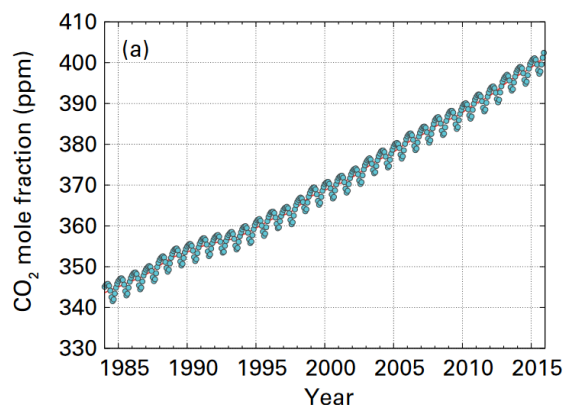


Figura 1. Increment de la concentració de CO_2 (ppm) des de l'any 1984 fins al 2015. **Font:** World Meteorological Organization, 2016.

Encara que la concentració de CO_2 a l'atmosfera segueixi en augment, hi ha diversos factors que la redueixen, tot i no aconseguir un balanç neutre. Un d'ells són les superfícies forestals del planeta: les plantes capten CO_2 de l'atmosfera i el fixen per créixer. De les emissions antropogèniques globals, un 30% són captades per les diferents superfícies forestals. A Catalunya però, aquest percentatge és menor, i caldria una superfície forestal onze vegades més gran a l'actual per a captar el 100% de les emissions (Blog Online del CREAM, 2017).

Les superfícies forestals, per tant, són un bon mètode per reduir el CO₂ atmosfèric. Tanmateix, no es pot combatre l'escalfament global únicament d'aquesta manera, ja que se'n deriva una gran paradoxa: el mateix canvi climàtic redueix la capacitat dels boscos de captar i fixar CO₂. Amb l'escalfament global augmenten els períodes de sequera i, per tant, els boscos disposen de menys aigua i això fa que els períodes de defoliació triguin més a recuperar-se i d'aquesta manera els boscos tinguin menys capacitat de captar carboni. Els períodes de sequera també augmenten el risc d'incendi que, quan es produeix, els arbres emeten tot el CO₂ fixat (Nadal-Sala, D. et. al., 2014).

És per tot això que s'ha d'aplicar una bona gestió de les superfícies forestals i reduir les emissions de CO₂ per combatre el canvi climàtic i aturar l'escalfament global.

1.1.2. Embornals de carboni

Es classifica com a embornal de qualsevol gas aquell espai on es reserva o diposita de manera natural o artificial aquell mateix gas (Gràcia, C. 2010). Actualment el principal segrest de CO₂ es duu a terme mitjançant embornals de carboni.

Dins la biosfera, podem trobar el carboni acumulat en tres compartiments (tipus d'embornals) principals: dissolt a les aigües oceàniques, acumulat a la matèria orgànica del sòl i a l'atmosfera.

1.1.3. Superfícies forestals com a embornals de carboni

Els ecosistemes terrestres juguen un paper fonamental en la captura del CO₂, especialment els boscos, ja que poden arriben a acumular fins a 550 gigatonnes de carboni cada any a la seva biomassa, essent les emissions antròpiques de carboni al voltant de 7,5 Gt (Gràcia, C. 2010). Però tot aquest carboni no és acumulat i fixat a la biomassa, ja que retorna a l'atmosfera mitjançant la respiració o la descomposició de les fulles o branques.

Tot això fa referència als termes de Producció Primària Bruta (PPB), respiració de les plantes (R_p), respiració dels heteròtrofs (R_h), Producció Primària Neta (PPN) i Producció Primària Neta de l'Ecosistema (PNE) (Piñol, J. et. al., 2006). La PPB és la quantitat de carboni que una planta absorbeix en la realització de la fotosíntesi, mentre que la PPN és el guany net de carboni, una vegada s'hagi restat el carboni emès per la planta durant la respiració:

$$PPN = PPB - R_p \quad (1)$$

Per descomptar també les emissions de CO₂ generades per la descomposició de les fulles, s'hi introdueix també el terme de la respiració heteròtrofa, de manera que la PNE resultarà la PPN menys aquesta respiració:

$$PNE = PPN - R_h = PPB - R_p - R_h \quad (2)$$

D'aquesta manera, els boscos tindran una capacitat de fixació de CO₂ diferent segons l'estat en què es trobin, és a dir, es pot tractar de boscos joves o boscos més madurs on ja no es dona el creixement dels individus.

Els factors que controlen el potencial d'embornal i el de fixació de CO₂ de les superfícies forestals són dos, per tant. Per una banda, mitjançant la fotosíntesi, els organismes vegetals van formant els seus teixits, que contenen carboni en una proporció del 50% (Gràcia, C., 2010), xifra que pot variar lleugerament entre diferents espècies i gèneres (Montero, G. et al., 2013). Però aquest

procés de fotosíntesi, a banda de participar en el procés de creixement de la planta, també es duu a terme per al manteniment del metabolisme, fet que culmina amb l'altre factor que és la respiració.

En el cas de Catalunya, les superfícies forestals constitueixen els principals embornals de carboni degut a la seva importància quantitativa. Com podem veure a la **Figura 2**, el conjunt d'espècies en tot el territori compta amb una capacitat d'acumulació de 43,4 t de C/ha, mentre que el pi blanc (*Pinus halepensis*), l'espècie d'interès en aquest projecte, és l'espècie amb menor capacitat acumulativa de carboni dins el territori català, essent aquesta de 27,8 t de C/ha. Tot i això, l'espècie té certa importància degut a què ocupa un 20,1% de la superfície forestal (Gràcia, C. 2010).

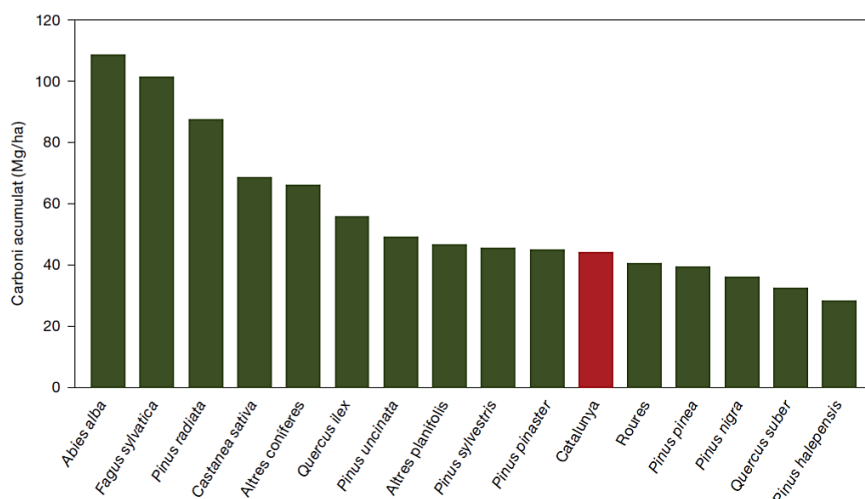


Figura 2. Tones de carboni acumulades per hectàrea per diferents espècies dels boscos catalans i la mitjana ponderada a tota la regió de Catalunya.

Font: *Embarnals*, de Carles Gràcia (2010).

1.1.4. Gestió forestal

Tal i com expliquen els manuals de gestió de les Orientacions de Gestió Forestal Sostenible per a Catalunya (ORGEST) (Beltrán, M. et. al., 2011), els boscos catalans són uns sistemes multifuncionals; això vol dir que aporten diferents béns i serveis simultanis a la societat. Alguns d'aquests béns i serveis que proporcionen els ecosistemes són la producció de fusta i aliments, la regulació del cicle hidrològic, la conservació de la biodiversitat i del paisatge o l'absorció del diòxid de carboni de l'atmosfera. La necessitat de la gestió d'aquests sistemes forestals apareix de l'interès de poder extreure el màxim profit d'aquestes funcions i evitar problemes relacionats amb els incendis, el canvi global o les baixes rendibilitats dels ecosistemes. Per tant, el que es pretén amb la gestió forestal és la sostenibilitat.

Per a poder dur a terme aquests treballs de gestió, es segueixen eines orientatives com les ORGEST, que fan un recull de diferents criteris i instruccions per a la gestió forestal.

Però un mateix recinte forestal no pot desenvolupar al màxim totes les seves funcions alhora, motiu pel qual s'han d'establir diferents models de gestió que prioritzin un objectiu concret, i cadascun dels quals presenten diferents models silvícoles a aplicar per poder assolir l'objectiu principal. Les ORGEST estableixen sis grups de gestió que són: la millora de la funció productiva, la prevenció d'incendis, la conservació d'hàbitats, fauna i biodiversitat, l'aprofitament pastoral

en espais forestals i salvopasturicultura, les produccions forestals no fusteres i els usos socials i del paisatge.

Les diferents tècniques de millora que es poden aplicar en els treballs de gestió són cinc (Farriol, R. et. al., 2010):

- Les estassades, que consisteixen en tallades parcials o totals de l'estrat arbustiu o herbaci.
- Les podes, que consisteixen en la pèrdua parcial de les branques dels arbres. En les podes naturals, només es perden les branques mortes; en les podes artificials, es poden retirar tant les branques vives com les mortes segons els objectius.
- Selecció de tanys (o rebrots) per aclarir els diferents rebrots d'una soca per potenciar el creixement dels que quedaran en peu.
- Les aclarides, que són intervencions en les que es regula la densitat dels boscos. Poden distingir-se les aclarides de plançonedada i les aclarides de millora. Les primeres es duen a terme sobre boscos que es troben en els primers estadis de desenvolupament i en els que no s'obté fusta, amb l'objectiu de millorar el creixement d'aquests individus. Per l'altra banda, en les aclarides de millora es realitza la tallada d'arbres (podent-hi haver un interès econòmic o no, es millora la qualitat dels boscos i la seva estabilitat i es controlen les espècies del bosc).
- Les tallades sanitàries, amb les que es retiren els individus morts o amb símptomes de malalties o plagues, afectats per nevades, ventades, etc.

Per poder determinar quins d'aquests models de gestió s'han de seguir, s'han d'identificar les cobertes forestals, és a dir, establir les tipologies forestals. Aquestes tipologies forestals són les classificacions del paisatge forestal seguint uns criteris, com són les espècies arbòries presents, l'estructura del bosc, els condicionants físics o la fisiognomia de la coberta (Piqué, M. et al., 2014).

1.1.5. Característiques generals i distribució del pi blanc

Els boscos de pi blanc es troben a les costes del mediterrani, especialment a la part occidental. A Catalunya, les formacions pures de pi blanc ocupen una superfície de 300.000 ha, tot i que també hi ha 140.000 ha de massa forestal mixta, on el pi blanc és l'espècie majoritària.

El pi blanc apareix en sòls tant àcids com bàsics, i són tolerants als sòls calcaris i margosos. També s'adapten a sòls esquelètics (és a dir, poc evolucionats), secs i impermeables, tot i que es presenten limitacions al seu creixement en sòls salinitzats. Es tracta d'una espècie que resisteix molt bé la sequera però són vulnerables al fred, motius pels quals la regió mediterrània és prou òptima per al desenvolupament d'aquesta espècie: es trobarà en zones poc continentals i a menys de 800 m d'altitud (Beltrán, M. et. al., 2011).

Aquesta és una espècie piròfila, i la trobarem amb molta freqüència en estats de boscos secundaris, és a dir, recolonitzant un bosc que s'havia cremat o recuperant camps abandonats per l'agricultura.

Les condicions òptimes en les que pot viure són amb precipitacions de més de 500 mm anuals, sòls profunds (més de 50 cm) no sorrencs i sense efectes de marinada salina (Beltrán, M. et. al., 2011).

Quan es donen les condicions ecològiques adequades, aquesta espècie pot créixer fins els 25 m d'altitud, arribar als 200 anys d'edat i presentar un diàmetre d'uns 70 cm. L'aspecte de la capçada segueix una tendència piramidal, tot i que amb el pas dels anys es va ajustant cap a una forma esfèrica. Les seves fulles presenten un color verd intens i l'escorça assoleix un color grisenc. Pel que fa a les arrels, es poden fixar en llocs rocosos i pobres en nutrients (Beltrán, M. et. al., 2011).

Les ORGEST han establert els diferents tipus de boscos de pi blanc en les Tipologies Forestals Arbrades (TFA) (**Taula 1**). Dins d'aquestes classificacions es distingeixen dos àmbits geogràfics: la influència litoral i la influència continental. La majoria de les superfícies mixtes de pi blanc són formacions amb l'alzina, la carrasca i altres espècies de les quercines.

Taula 1. Classificació dels boscos de pi blanc a Catalunya.

	<i>Nom de la formació</i>
Formacions pures de pi blanc	Pinedes de pi blanc d'influència litoral
	Pinedes de pi blanc continentals
Formacions mixtes dominades pel pi blanc	Boscos mixtos de pi blanc i pinassa
	Pinedes mixtes de pi blanc i pi pinyer
	Pinedes mixtes de pi blanc i pi roig
	Formacions mixtes de pi blanc d'influència litoral i carrasca (o roure de fulla petita)
	Formacions mixtes de pi blanc continental i carrasca (o roure de fulla petita).
	Formacions mixtes de pi blanc i alzina
	Formacions mixtes de pi blanc d'influència litoral i roures
	Formacions mixtes de pi blanc i surera
	Formacions mixtes de pi blanc amb altres pins i frondoses
	Altres formacions mixtes dominades pel pi blanc

Font: Aragonès-Gisbert, J. et. al., 2012.

A la **Figura 3** es pot veure la distribució de les diferents formacions de boscos de pi blanc a Catalunya i afinar les que es poden trobar també a les Terres de l'Ebre.

Pel que fa al cas concret de les Terres de l'Ebre (Aragonès-Gisbert, J. et. al., 2012), els diferents tipus de boscos de pi blanc que s'hi troben, com es mostra a la **Taula 2**, són formacions pures de pi blanc en la seva majoria i altres formacions mixtes, com les formacions de pi blanc i quercines (juntament amb altres espècies de matolls del sotabosc), pi blanc i pinassa (cap als 500 m, als sistemes muntanyosos), pi blanc i pi roig (formats a les vessants superiors del massís dels Ports i les comarques del Baix Ebre, Montsià i Terra Alta). Com indica la **Taula 2**, els boscos de pi blanc que prenen més importància en quant a la superfície que ocupen són les formacions pures (amb sotabosc mediterrani).

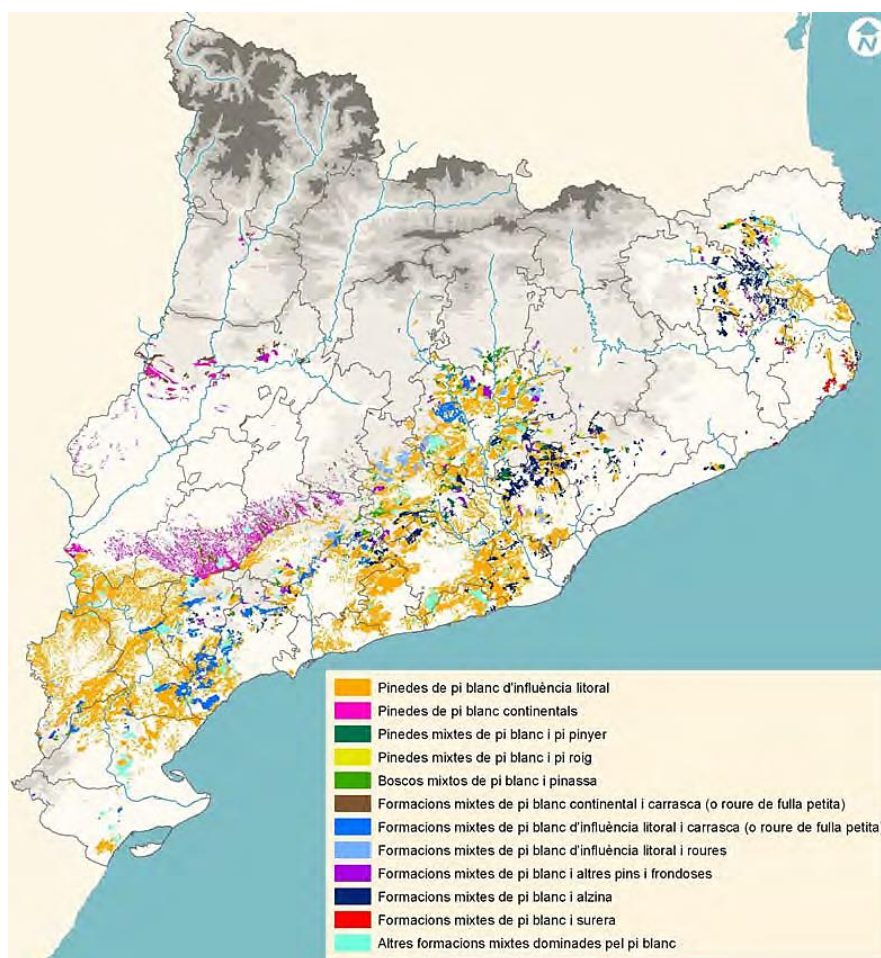


Figura 3. Distribució dels boscos de pi blanc a Catalunya. **Font:** Beltrán, M. et. al., 2011.

Taula 2. Superfície dels boscos de pi blanc a les Terres de l'Ebre.

Pinedes	Àrea (ha)
Pinedes de pi blanc (<i>Pinus halepensis</i>) amb sotabosc de màquies o coscollars	6.173
Pinedes de pi blanc (<i>Pinus halepensis</i>) amb sotabosc de brosses calcícoles, de països mediterranis	27.858
Pinedes de pi blanc (<i>Pinus halepensis</i>) sense sotabosc llenyós	176
Pinedes de pi blanc (<i>Pinus halepensis</i>), amb sotabosc de màquies i coscollars amb ullastre (<i>Olea europaea</i> var. <i>Sylvestris</i>), margalló (<i>Chamaerops humilis</i>), etc. de les zones marítimes	5.849

Font: Aragonès-Gisbert, J. et. al., 2012.

1.2. Reserva de la Biosfera de les Terres de l'Ebre

1.2.1. Creació de la Reserva de la Biosfera de les Terres de l'Ebre

L'any 1971 la UNESCO va crear el programa *MaB*, Man and Biosphere, on es volen recollir els hàbitats més representatius de la Terra per tal d'intervenir entre la mentalitat i l'ús dels recursos naturals, apuntant l'actual "desenvolupament sostenible". Aquests hàbitats representaven el que ara anomenem "Reserves de la Biosfera".

Aleshores, sorgeixen de la voluntat de sintonitzar la conservació de la diversitat biològica i cultural i el desenvolupament econòmic i social.

Les reserves de la biosfera han de complir les tres funcions bàsiques fixades per la UNESCO, que són:

1. Contribuir a la conservació dels paisatges, ecosistemes, espècies i variació genètica.
2. Fomentar el desenvolupament econòmic i humà sostenible des d'un punt de vista sociocultural i ecològic.
3. Donar suport a projectes de demostració, educació i capacitat.

Segons el Consorci de Polítiques Ambientals de les Terres de l'Ebre (COPATE), les Terres de l'Ebre varen ser declarades com a Reserva de la Biosfera de les Terres de l'Ebre el 28 de maig de l'any 2013. Aquesta presenta diferents propostes per tal de dur a terme les tres funcions bàsiques establertes per la UNESCO.

Dins la funció de conservació (1.), com indica la COPATE, existeixen tres propòsits principals amb l'objectiu de protegir la seva quota de biodiversitat i la seva disparitat paisatgística en tota la superfície que ocupa:

- I. Contribuir a l'impuls de l'actual gestió dels espais i béns naturals i la conservació de la biodiversitat, coordinant i cohesionant diferents polítiques i plans d'acció i facilitant la disponibilitat de recursos tècnics i econòmics.
- II. Integrar la matriu agrària en les polítiques de conservació perquè aquestes contribueixin a impulsar socioeconòmicament espais humanitzats protegits per les seves característiques ambientals.
- III. Finalment, en el context del canvi climàtic unir esforços en l'estudi i anàlisi pluridisciplinari i transversal, a escala local, per a la mitigació dels eventuais efectes derivats a les Terres de l'Ebre, un dels territoris més sensibles de la mediterrània.

Per altra banda, com a funció de desenvolupament (2.) es troben amb la necessitat d'avaluar o crear estratègies que condueixin cap a un desenvolupament sostenible, que engloben l'estimulació del sector agrícola i la fixació del sector turístic de base patrimonial com a sector ascendent.

Així doncs, pretenen revaloritzar els recursos agraris, ambientals, culturals i territorials per tal d'impulsar el desenvolupament d'altres productes o activitats.

En termes de suport logístic (3.) la RBTE ha de suposar una contribució, cap a la població, de nocions i consciència del territori en què habiten en matèria de canvi climàtic i de protecció de la biodiversitat.

Tenint en compte la possible greu afectació que patiria el Delta front els efectes del canvi climàtic (elevació del nivell del mar i modificació de les dinàmiques fluvio-marines), aquest suport esdevé suggestivament rellevant per la regió.

1.2.2. Situació geogràfica i àmbit d'estudi

L'àmbit d'estudi d'aquest projecte es troba dins la Reserva de la Biosfera de les Terres de l'Ebre (RBTE). Aquesta pertany a la regió mediterrània del regne holàrtic, situada al nord-est de la península Ibèrica i al sud de la comunitat autònoma de Catalunya, a la província de Tarragona (**Figura 4 i Taula 3**).

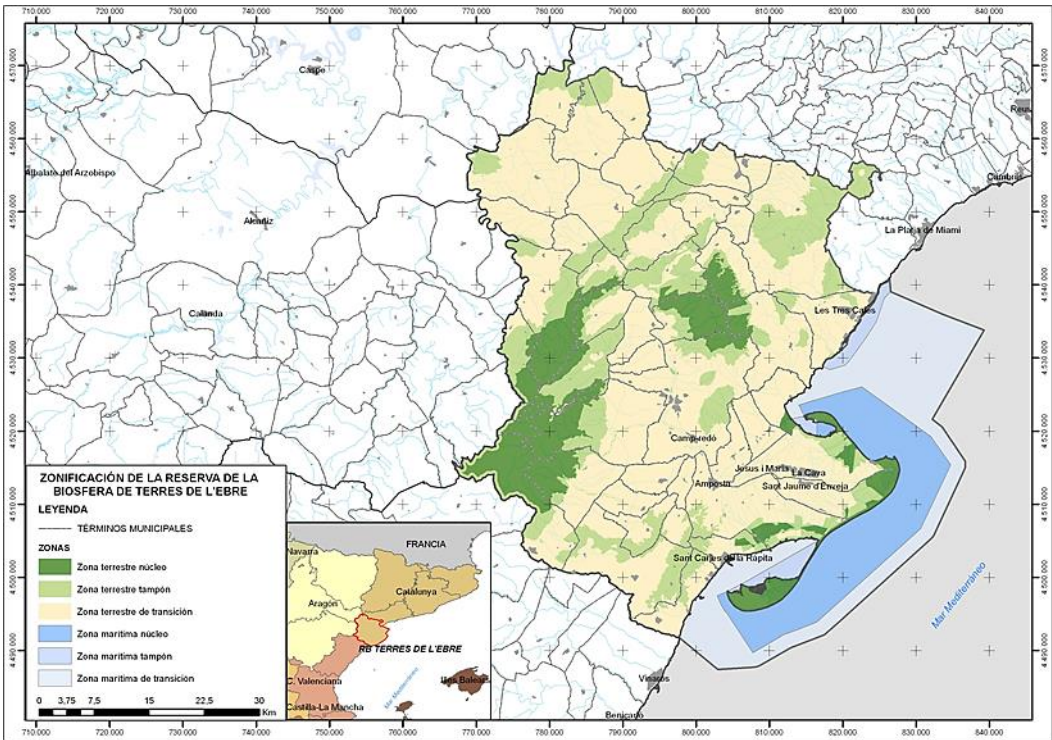


Figura 4. Mapa de la zonificació de la Reserva de la Biosfera Terres de l'Ebre.

Font: Red Española de Reservas de la Biosfera, 2017

Taula 3. Coordenades dels límits extrems de la Reserva de la Biosfera Terres de l'Ebre.

Extrem occidental	UTM X 260283.86	Longitud Est 0° 8' 7.9"
Extrem septentrional	UTM Y 4568883.62	Latitud Nord 40° 30' 57.83"
Extrem oriental	UTM X 321502.24	Longitud Est 0° 53' 33.4"
Extrem meridional	UTM Y 4488962.56	Latitud Nord 41° 15' 3.4"

Font: Aragonès-Gisbert, J. et. al., 2012.

Interpretant la taula anterior, la RBTE delimita al sud amb la Comunitat Valenciana (província de Castelló), a la part occidental amb la comunitat autònoma d'Aragó, més concretament, amb la província de Terol i la part nord-est, amb les comarques tarragonines del Baix Camp i el Priorat.

La RBTE està formada per 45 municipis de les comarques del Montsià, el Baix Ebre, Terra Alta i Ribera d'Ebre. La superfície de la reserva cobreix la totalitat de les tres primeres comarques esmentades, mentre que de la Ribera d'Ebre només cobreix set municipis de la zona sud.

La RBTE consta d'una superfície total de 367.729 hectàrees; el 78,2% de les qual són terrestres i el 21,8% restant, marítimes (COPATE, 2017).

La zona és considerada de gran interès biogeogràfic a causa de la varietat d'hàbitats, medis i sistemes que engloba, és per això que un 35% d'aquesta es troba dins la Xarxa Natura 2000; de fet, dins l'àmbit de la reserva se'n destaquen tres zones nuclis de la Xarxa.

Per una part trobem gairebé 80.165 hectàrees de superfície marítima, caracteritzada per la desembocadura del riu Ebre i el seu conseqüent delta, que provoca que la zona marítima més propera a la costa esdevingui una de les més biològicament actives. Hi trobem situat el Parc Natural del Delta de l'Ebre, la major zona humida de Catalunya, aprovat per la Generalitat de Catalunya l'any 1983, per tal d'afavorir l'equilibri entre la seva riquesa natural i l'explotació humana (Descobreix les Terres de l'Ebre, 2017).

A la zona oest de la reserva trobem el Parc Natural dels Ports, un espai natural ple de vida salvatge, on se situa el punt més alt de la Reserva de la Biosfera de les Terres de l'Ebre (el Montcaro). Constituït per un massís calcari, de relleu escarpat i abrupte. També, a la zona est se situa l'Espai d'Interès Natural de la Serra de Cardó, important pel seu valor paisatgístic, la biodiversitat (especialment de fauna) i la seva vegetació rupícola (Generalitat de Catalunya, 2017).

El nostre àmbit d'estudi concret és la Vall d'en Bages, de propietat privada, situada al Parc Natural dels Ports, dins la Reserva de la Biosfera de les Terres de l'Ebre (RBTE). La vall es troba dins del municipi de Paüls que, com es veu al mapa de la **Figura 5**, és proper a la frontera de Catalunya amb Aragó i es troba situat al costat del municipi d'Horta de Sant Joan.

L'objecte d'estudi del projecte són les pinedes de pi blanc que, dins la vall, creixen en tres situacions topogràfiques diferents: zones d'obaga, solana i obaga amb bancals. Gairebé la totalitat de la vall presenta aquesta coberta forestal, amb el domini del *Pinus halepensis*, tot i que també es poden observar algunes zones de pastura i evidències d'antics camps d'oliveres. D'altra banda, la presència de bancals a la vall prova que antigament s'hi desenvolupaven activitats agrícoles. Aquests usos es troben actualment ocupant una zona molt reduïda de la vall, de manera que la gran part de la vall és ocupada pel bosc de pi blanc.

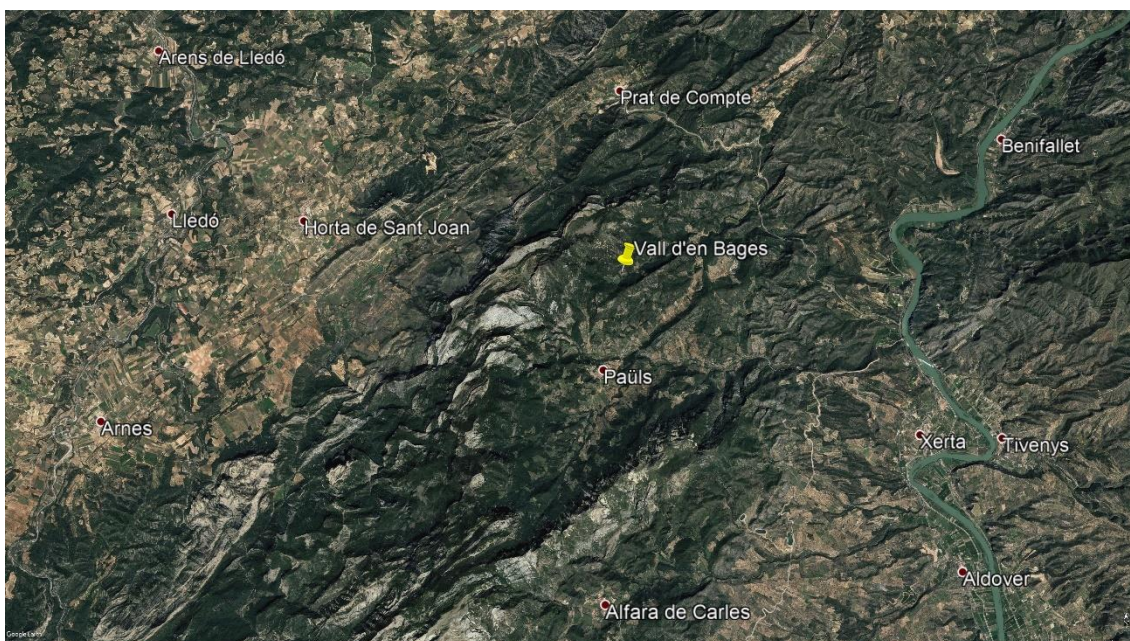


Figura 5. Mapa de la situació de la Vall d'en Bages. **Font:** Google Earth, 2017.

1.2.3. Context socioeconòmic

Com s'ha esmentat anteriorment, la regió de les Terres de l'Ebre engloba quatre comarques (Ribera d'Ebre, Terra Alta, Baix Ebre i Montsià), i la seva població total és de 180.864 habitants (Institut d'Estadística de Catalunya, 2016). Cadascuna d'elles té unes característiques diferents pel que fa al creixement, a la superfície, al nombre d'habitants i, per tant, a la densitat (**Taula 2**).

Taula 4. Dades de superfície, nombre d'habitants, densitat de població i taxa de creixement a les diferents comarques de les Terres de l'Ebre.

	Superfície (km²)	Nombre d'habitants	Densitat de po- blació (hab./km²)	Taxa anual de creixe- ment total de la pobla- ció (per cada 1000 hab.)**
Ribera d'Ebre	827,3	22.471	27,2	7,62
Terra Alta	743,0	11.770	15,8	2,94
Baix Ebre	1.003	78.977	78,8	20,6
Montsià	735,4	67.646	92,0	21,3
* Idescat - dades 2016				
** Idescat - mitjana anual calculada amb dades del període 2001-2011				

Font: Institut d'Estadística de Catalunya, 2016.

En tots els àmbits es pot observar una clara diferència entre les comarques de Ribera d'Ebre i Terra Alta per una banda, i Baix Ebre i Montsià per l'altra. Això és degut a què gran part de l'activitat industrial i de l'àrea urbana es concentren en aquestes últimes comarques, la capital de les quals són les dues ciutats més poblades de les Terres de l'Ebre: Tortosa i Amposta.

La mitjana de la densitat de població de Catalunya és de 234,3 hab/km² (Institut d'Estadística de Catalunya, 2016), per tant, es pot concloure que el territori de les Terres de l'Ebre és poc dens.

Com es pot observar a la **Figura 6**, la població de les Terres de l'Ebre està envellida, ja que només un 14,4% de la població total té entre 0 i 14 anys, mentre que la població amb edat laboral representa un 63,8% de la població total i la població jubilada, un 17,87% (Institut d'Estadística de Catalunya, 2016). Per confirmar aquest envelliment de la població, és també interessant comparar les diferents taxes de creixement total de la població amb la de Catalunya, que és de 17,0 (Institut d'Estadística de Catalunya, 2011). La taxa de creixement en les dues comarques menys poblades i industrialitzades és molt inferior a la de Catalunya, existeix pràcticament un creixement nul en la població.

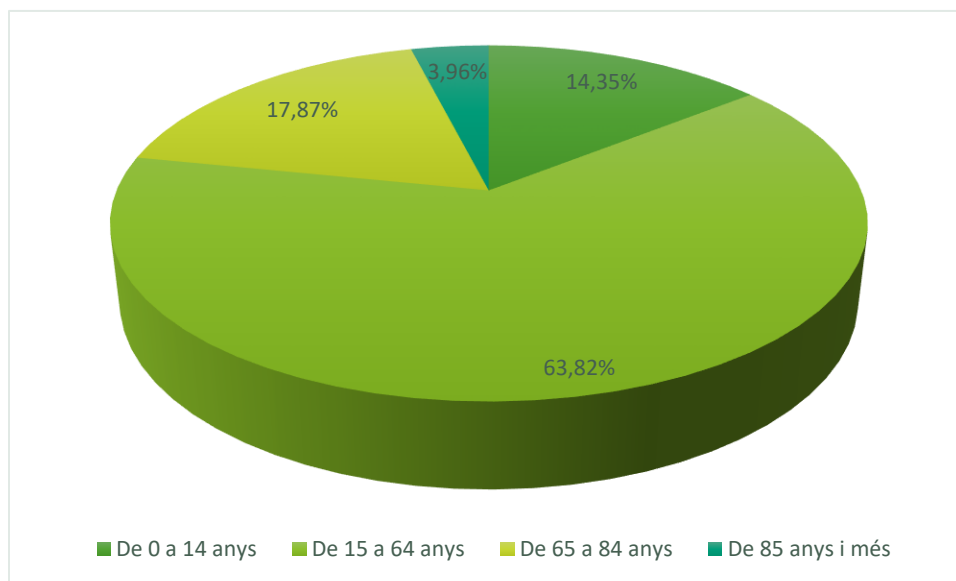


Figura 6. Distribució en percentatge de la població dels municipis de la Reserva de la Biosfera Terres de l'Ebre per franges d'edat. **Font:** Institut d'Estadística de Catalunya, 2017.

Gran part de la població total activa de les Terres de l'Ebre està ocupada i la podem classificar segons els diferents sectors segons el compte de cotització (ja sigui per afiliacions al règim general com al règim d'autònoms): 7,5% en l'agricultura, 17,0% en la indústria, 9,2% en la construcció i 66,3% en els serveis (Institut d'Estadística de Catalunya, 2016).

Comparant aquests percentatges amb els de Catalunya (Institut d'Estadística de Catalunya, 2016), la majoria segueixen la mateixa estructura, excepte el sector de l'agricultura, que és més elevat a les Terres de l'Ebre que a tot Catalunya. Tenint en compte que les condicions climàtiques i topogràfiques són òptimes i úniques per desenvolupar cultius d'arròs, es relaciona aquesta diferència de valors amb la forta extensió del cereal a la zona.

1.2.4. Medi físic

Per entendre la distribució de l'espècie d'interès, el pi blanc, a la regió de les Terres de l'Ebre, s'analitzarà el medi físic de la zona. La topografia i la xarxa hidrogràfica configuren i estructuren el terreny, essent claus en la determinació del clima i, per tant, en la distribució de la vegetació, i en els usos del sòl. El clima i la litologia també determinen l'edafologia, que constitueix també un paràmetre important en quant a la distribució de la vegetació. En aquest apartat es descriu

la distribució dels boscos, però també d'altres cobertes vegetals, com els cultius, ja que són cobertes importants en quant a l'extensió a les Terres de l'Ebre i també poden actuar com a embornals de CO₂, tot i que posteriorment, el projecte se centra en els boscos de pi blanc. Una vegada descrit tot això, es farà un èmfasi en els boscos de pi blanc. Per a més informació sobre el medi físic de la RBTE, es pot consultar la Memòria de la candidatura la Reserva de Biosfera de Terres de l'Ebre (Aragonès-Gisbert, J. et. al., 2012).

Topografia

El relleu de les Terres de l'Ebre es conforma amb una integració dins del mateix paisatge de sistemes muntanyosos amb grans planes dins del mateix paisatge, que es troben configurats en gran part per la influència del riu Ebre.

Per una banda, localitzats al marge dret de la vall de l'Ebre es troba la Serra de Montsià, situada al litoral; el Massís dels Ports, declarat parc natural i que presenta les màximes elevacions de les Terres de l'Ebre amb Montcaro com a cim més alt (1447 m); i les serres de Pàndols i Cavalls, que es troben al nord. Aquestes són una continuació del Massís dels Ports. Respecte el marge esquerre, hi trobem les serres de Cardó - el Boix i de Tivissa, que formen part de les serres prelitorals catalanes.

Pel que fa a les planes, és aquí on s'hi desenvolupen els usos agrícoles (cultiu de l'arròs, oliveres, ametllers, garrofers, presseguers, pomers, cítrics, vinyes, avellaners, entre alguns altres) i residencials. Podem trobar-hi diferents tipus de planes a la regió: planes al·luvials costaneres, terrasses fluvials, cubetes de farciment, planes col·luvials precostaneres i altiplans de l'interior.

Com a plana al·luvial costanera destaca la presència del Delta de l'Ebre, de recent creació (holocè), amb una superfície de 320 km² i una cota mitjana de 50 cm. Els materials amb els que està format són bàsicament llims i arenes arrossegades per l'Ebre. El delta presenta arenals i llacunes litorals.

Associades als rius es troben les terrasses fluvials, formades per al·luvions i col·luvions aportats pel riu. Aquestes terrasses apareixen des de Xerta fins Amposta, i són aquestes les zones més fèrtils degut als materials que les conformen. També són terres fèrtils les cubetes de farciment, que s'han format també gràcies als materials transportats pel riu Ebre.

Entre les planes col·luvials precostaneres, destaquen la presència de la plana del Baix Ebre i el Montsià o plana de la Galera, on s'hi duen a terme cultius de secà i olivar.

Els altiplans de l'interior formen part de la continuació de la depressió de l'Ebre en aquesta regió. Tenen l'Ebre com a límit per l'est i el riu Algars per l'oest. Aquests altiplans es troben formats per graves, margues i argiles en la seva majoria.

Xarxa hidrogràfica

Dins la RBTE es poden diferenciar quatre conques principals, de les quals la més important és la conca de l'Ebre, ja que ocupa un 90% del territori i dona forma als relleus que es troben esmentats a l'apartat anterior. La conca de l'Ebre té, a més del riu Ebre, altres rius secundaris, rieres i barrancs que presenten un règim intermitent, en general. En tant que la conca de l'Ebre s'estén més enllà dels límits administratius, és gestionada per la Conca Hidrogràfica de l'Ebre.

El riu Ebre recorre 99 km a la reserva i acumula un cabal de 13.300 hm³/any. En aquest recorregut, avança pels municipis de Móra d'Ebre, Tivissa, Benissanet, Ginestar, Miravet, Rasquera, Benifallet, Tivenys i Xerta, on hi apareixen dos canals (canal de la dreta i canal de l'esquerra de

l'Ebre) per als usos agrícoles del delta. A continuació, el riu allarga el seu recorregut per Tortosa, Aldea i Amposta. Altres rius inclosos dins la conca de l'Ebre són el Matarranya i el Canaleta.

En aquesta zona hi abunden les cunetes i la pedra tosca. Aquesta pedra sedimentària és força erosionable, fet que confereix una estructura de cavitats en el curs fluvial.

Al vessant litoral del Massís dels Ports s'hi troben dos barrancs que desemboquen a l'Ebre després d'haver passat per la plana de la Galera. Aquests barrancs són el Barranc de Sant Antoni i el Barranc de la Galera.

La segona conca més important de la zona pel que fa a la seva superfície és la conca del riu Sènia, estenent-se en 8.700 ha. Aquesta conca és gestionada per la Conferència Hidrogràfica del Xúquer. Aquest riu recull aigües del Massís dels Ports, pel que els seus barrancs i rierols es formen a 1000 m d'altura. Aquesta conca ha estat important tradicionalment per la presència de la indústria, amb molins de vent per fer farina, paper o electricitat.

Pel que fa a les altres conques, les conques meridionals de les rieres de Calafat i el golf de Sant Jordi (Conques Internes de Catalunya, gestionades totes per l'Agència Catalana de l'Aigua), aquestes presenten un cabal menys important, tot i que no és d'importància menyspreable degut a la funció de connectivitat biològica (així com ocorre a les altres conques). Aquestes conques presenten barrancs a la costa del golf de Sant Jordi (Serres del Boix i de Tivissa).

Clima

Degut a què aquesta zona es troba a la costa oriental de la Península Ibèrica i amb una gran influència del mar, s'hi presenta un clima mediterrani que va variant lleugerament pel territori en funció dels diferents factors, com poden ser l'alçada o la proximitat a la costa. A les zones més interiors s'espera un clima semiàrid, mentre que les zones més litorals presentaran un clima sec-subhúmit. D'altra banda, les zones més altes, com el massís dels Ports, presentaran un règim més humit. Aquest règim generalment sec és, a més a més, propiciat per la presència dominant del vent sec del nord-oest.

Així doncs, el sector septentrional presenta una mitjana de precipitacions anuals de menys de 400 mm, mentre que a les zones costaneres aquestes són de 600 mm. D'altra banda, al massís dels Ports les precipitacions anuals poden assolir màxims de 850 mm. Aquestes precipitacions es presenten amb fortes oscil·lacions interanuals.

Respecte les temperatures, aquestes varien en funció dels factors ja esmentats anteriorment d'alçada i influència continental, on les planes tenen una mitjana anual d'uns 16°C o 17°C; les terrasses fluvials a Tortosa i el Delta de l'Ebre, d'entre 17°C i 18°C; les serres del Cardó-el Boix, de 15°C; les altres serres i altiplans, d'entre 14°C i 15°C; i les serres de Pàndols i Cavalls i el massís dels Ports, d'uns 13°C, tot i que pugui davallar alguns anys dels 10°C.

Amb aquestes dades de precipitacions i temperatures, es poden identificar diferents regions climàtiques a les Terres de l'Ebre. A les parts més baixes s'hi pot trobar un bioclima mediterrani. Pujant en alçada, al massís dels Ports, es pot trobar un bioclima medioeuropeu, mentre que a altituds mitjanes (entre 300 i 600 m) s'hi pot trobar un bioclima mediterrani de baixa muntanya marítima. A les zones de la Galera, la fosa d'Ulldecona, la Serra de Godall, les terrasses de l'Ebre i el principi del massís dels Ports s'hi desenvolupa un bioclima tipus de Tortosa, caracteritzat per ésser un clima subhúmit, amb hiverns curts. Finalment, es pot trobar un clima més continental al nord i nord-oest.

Geologia

La regió de les Terres de l'Ebre es troba en la seva majoria conformada per roques carbonatades del Cretaci, amb variacions en les proporcions de carbonat. Aleshores, les roques que més hi abunden seran les roques calcàries i les margues. Aquesta presència de roques calcàries dona lloc a la formació de sistemes càrstics, fet que provoca una ràpida infiltració de l'aigua al subsòl, omplint els aquífers però deixant una manca de disponibilitat de l'aigua en superfície.

Als peus de les muntanyes i a les zones al·luvials i col·luvials s'hi poden trobar materials detrítics que s'obtenen de l'erosió d'aquelles roques. En aquestes zones, a més a més, s'hi poden trobar conglomerats, graves en els cursos fluvials i sorres al litoral i al delta.

Pel que fa al delta, aquí s'hi poden trobar dipòsits fluvials (sorres i llims), palustres (llims, argiles i torbes) i sorres i graves costaneres.

Edafologia

Els materials amb què es formen aquests sòls són les roques calcàries de diferents èpoques (margues, arenes i llims). Això, juntament amb les diferents condicions climàtiques dins la regió fan que hi hagi una gran diversitat de sòls a la zona.

A més d'això, la topografia influeix decisivament en els processos d'erosió, provocant inversions en les seqüències d'argiles als sòls. Aquestes alteracions degudes als factors orogràfics es repeteixen sovint al relleu de la zona d'estudi.

Respecte els règims d'humitat del sòl, podem trobar un règim ústic a les zones litorals, un règim xèric a la zona precostanera, un règim arídic a les zones de l'interior i un règim àquic singular al delta.

S'ha comprovat que el factor antròpic ha causat modificacions en els sòls, per exemple en la formació de terrasses, evitant l'erosió dels sediments i augmentant així la profunditat dels sòls; o mitjançant el sanejament i dessecació del delta, alterant la disposició dels seus horitzons.

Dins aquesta regió es diferencien quatre ordres de sòls, segons la *Soil Taxonomy*, dels Estats Units: els entisòls, que són sòls recents, que es troben en planes d'inundació o dipòsits recents i, tot i que poden mostrar estratificació, tenen una escassa diferenciació d'horitzons; els incepsisòls, que són sòls joves que es caracteritzen per tenir un o més horitzons en què els materials minerals han estat alterats però no acumulats en un grau significatiu; els andisòls, que són sòls que s'han format per la cendra volcànica i es defineixen per contenir una alta proporció de vidre i materials col·loïdals amorfs, incloent al·lòfan, imogolita i ferrihidrita, i els alfisòls, que són sòl amb un horitzó de diagnòstic d'acumulació d'argila i amb saturació de bases de mitjana a alta (enciclopèdia.cat, 2017). Per concloure, a la zona s'acaben donant cinc grans regions segons el tipus de sòls: sòls tipus Xerorthents-Xerochrepts-Camborthids a la Terra Alta, sòls tipus Haploxeralfs-Xerorthents-Camborthids a les muntanyes transversals, sòls tipus Calciorthids-Xerochrepts al sector meridional del massís dels Ports, Xerofluvents-Salorthids al delta i Rhodoxeralfs-Paleralfs al Cerdó, Tivissa i Sant Jordi.

Vegetació

L'ampli ventall de relleus que s'han vist anteriorment donen lloc a una gran diversitat d'ambients naturals diferents, i aquests combinats amb els espais agraris que s'hi desenvolupen a les Terres de l'Ebre donen com a resultat una gran biodiversitat en aquesta regió.

- Superfícies forestals

Els boscos que més abunden a les Terres de l'Ebre són les pinedes, ocupant una superfície de 51.891 ha. Els boscos de pi blanc s'estenen per tot el territori, pel que té una distribució regional. Amb el pi blanc és també freqüent l'aparició de l'alzina (*Quercus ilex*), amb un sotabosc d'escleròfil·les, herbàcies i algunes lianes. Prenent una alçada que parteix dels 500 m, apareixen els boscos de pinassa (*Pinus nigra* subsp. *salzamannii*). Aquesta espècie compta amb una ocupació més reduïda, trobant-se al massís dels Ports i el Cardó, pel que és de distribució local. Si es continua avançant en alçada, s'arriba a trobar el pi roig (*Pinus sylvestris*), formant boscos densos amb roures secs meridionals. Amb el pi roig també hi podem trobar la pinassa i l'alzina com a espècies dominants.

Uns altres tipus de boscos també importants a la zona en tant que és d'influència mediterrània són els alzinars, que ocupen el 7,4% de la superfície de bosc a les Terres de l'Ebre i són presents a totes les comarques (distribució regional). Els boscos on l'alzina (*Quercus ilex*) és l'espècie predominant són boscos densos amb un sotabosc divers, amb predomini de les escleròfil·les. Es troben aquests tipus de boscos a les vessants i les zones planes de les Terres de l'Ebre. A les parts més baixes s'hi poden trobar espècies termòfiles, com el margalló (*Chamaerops humilis*), i herbàcies.

Els boscos de carrasca (*Quercus rotundifolia*) també els podem trobar a les quatre comarques que conformen la RBTE, pel que tenen una distribució regional, i ocupen una superfície de 2.099 ha. Aquests boscos es poden trobar a les zones interiors seques i a les muntanyes mediterrànies. Formen boscos densos i no molt alts, amb un sotabosc d'escleròfil·les i espinós. També s'hi poden trobar espècies de pins als boscos de carrasca, a les zones amb un clima mediterrani continental.

A la comarca de la Terra Alta i de forma molt dispersa s'hi poden trobar rouredes, amb una superfície inferior a 100 ha i a les parts de menor altitud.

Als marges del riu Ebre s'hi desenvolupen els boscos de ribera, on la vegetació predominant són els salzes i àlbers. Aquests són boscos de distribució local, i destaquen les illes fluvials entre Móra d'Ebre i Tortosa.

També de forma localitzada es poden trobar les fagedes (al massís dels Ports), ocupant una extensió de 105 ha. Es troben en zones fresques i ombrívols, i compten amb un sotabosc submediterrani. Es tracta d'un estrat arboreu dens dominat pel faig (*Fagus sylvatica*).

Finalment, també es poden trobar boscos de teixos (*Taxus baccata*) de superfícies reduïdes, inclús individus aïllats amb freqüència, a les zones rocoses amb domini d'alzines i roure de fulla petita. S'hi desenvolupa un sotabosc de plantes mesòfiles.

- Matolls

El paisatge de la zona es troba compost, primer de tot per cultius, però també, en la seva majoria, pels matolls i arbusts que poden provenir de vegades de la degradació dels boscos d'escleròfil·les als llocs més àrids. Aquesta coberta del sòl presenta una distribució regional, i les principals formes de matolls que hi ha presents són les màquies i els matolls baixos.

Les màquies són freqüents al mediterrani, i tenen una distribució regional a les Terres de l'Ebre. Predominen les màquies de garric, margalló i llentiscle, així com també s'hi poden trobar de forma espontània peus de pi blanc. A les zones més continentals (comarques de la Terra Alta i Ribera d'Ebre) hi ha la màquia continental, on s'hi troben el garric (*Quercus coccifera*) i l'arçot

(*Rhamnus lycioides*), i al Montsià i també a la Terra Alta hi podem trobar les màquies de savina comuna (*Juniperus phoenicea*), boix comú (*Buxus sempervirens*) i garriç.

Prop dels cursos fluvials s'hi poden trobar els matolls riberencs termomediterranis, que comp-ten amb una distribució regional tot i ésser d'extensió reduïda (500 ha). Aquí s'hi poden trobar baladres (*Nerium oleander*), alocs (*Vitex agnus-castus*) i tamarigars.

Pel que fa als matolls baixos, aquests apareixen en la degradació de l'alzinar. Presenten també una distribució regional, ocupant 32.003 ha, i són freqüents el romaní (*Rosmarinus officinalis*) o el bruc boal (*Erica arborea*), juntament amb altres plantes heliòfiles.

- Conreus

Aquesta capa del sòl és la més important de la reserva en quant a la seva extensió, ocupant un 51% de la superfície total i estenent-se per les quatre comarques. Aquests cultius es desenvolupen als llocs plans i amb pendents suaus.

Els cultius que s'hi conreen són els característics de la zona mediterrània: la vinya, la olivera, l'arròs, els cítrics i alguns cereals, fruites i fruits secs. Per tant, són cultius de distribució regional, tot i que n'hi poden haver alguns de més locals, com el cultiu de l'arròs. Fou amb la formació dels canals de l'Ebre que s'hi introduïren els arrossars i els cítrics.

La zona de les Terres de l'Ebre presenta una gran diversificació de cultius, però els que destaquen són els cultius de l'arròs, la vinya, l'olivera i els cítrics. Altres conreus que també s'hi desenvolupen són cereals, fruites i fruits secs.

A yellow Ford Ranger pickup truck is parked on a dirt road in a forest. The truck is positioned in the lower right of the frame, facing left. The background is a dense forest of tall, thin trees with green foliage. The ground is a mix of dirt and gravel. The text "2. Justificació del projecte" is overlaid in white on the side of the truck.

2. Justificació del projecte

El canvi climàtic és un problema actual i global que afecta a tota la població. La principal causa d'aquest fenomen és l'increment en les emissions dels gasos d'efecte hivernacle (GEH), on el més perjudicial és el CO₂ que, segons les dades del Mauna Loa, les seves concentracions han augmentat fins a aproximadament un 50% des del segle XIX, època en què s'inicià la Revolució Industrial. És per aquesta preocupació creixent que es cerquen maneres de combatre aquest canvi climàtic amb diferents mesures. D'una banda, s'estableixen metodologies per reduir les emissions de GEH mitjançant energies netes o les Millors Tècniques Disponibles (és a dir, l'ús de tecnologies més eficients). D'altra banda, també s'intenten desenvolupar mesures que evitin l'escalfament de la Terra, com són les tècniques de geoenginyeria, intentant, per exemple, augmentar l'albedo de la superfície. Finalment, altres mesures que també es duen a terme són la captació dels GEH, com és el cas que ens ocupa, mitjançant l'ús dels embornals tant naturals com artificials.

Les superfícies forestals tenen la capacitat de captar CO₂ de l'atmosfera mitjançant la fotosíntesi per incorporar el carboni als seus teixits. D'aquesta manera, el carboni queda fixat i és retirat de l'atmosfera. Però no tot el carboni que es capta queda fixat (Gràcia, C., 2010), ja que una part del que s'incorpora a la fotosíntesi es dedica al manteniment del metabolisme, pel que retorna a l'atmosfera en forma de CO₂. A més a més, fruit de la descomposició de les restes vegetals, com les fulles mortes, també provoca emissions de CO₂. Aleshores, una massa forestal madura que ja no creixi no fixarà carboni als seus teixits i, en aquest cas es podria considerar una font neta d'emissions de CO₂. Per tant, el que es pretén amb aquest treball és donar uns criteris per a la gestió forestal que permetin augmentar la capacitat de fixació de CO₂ dels boscos.

En aquest projecte s'estudiarà la capacitat embornal dels boscos de pi blanc. L'interès en aquesta espècie és degut a què és una espècie que té una gran distribució a la zona de les Terres de l'Ebre, ja que es disposa una gran capacitat d'adaptació i supervivència en climes mediterranis, i en els darrers anys s'ha estès molt degut a l'abandonament dels cultius (Josep Aragonés Gisbert et. al. 2012). És per aquest motiu que es vol treure un profit de l'expansió d'aquests boscos i gestionar-los de forma que puguin dotar d'aquest servei.

Respecte les altres mesures per intentar mitigar els efectes del canvi climàtic, aquesta és una mesura relativament econòmica que no requereix molts recursos i que a més a més podria ésser una oportunitat de creació de llocs de treball. També, en tant que es desenvolupa un procés de gestió, aquests treballs duren a terme un ús sostenible dels recursos naturals.

D'altra banda, l'interès que es desperta en el tema concret de la gestió dels boscos amb l'objectiu d'augmentar la fixació CO₂ és acostar a la societat la importància dels ecosistemes naturals. Aquests ecosistemes presenten unes funcions ecosistèmiques que els permet proveir de béns i serveis ecosistèmics, com és el cas de la captació de CO₂. Així doncs, el que es pretén és que la població entengui la necessitat de la conservació dels boscos, i així, potenciar el desenvolupament de treballs de gestió forestals.

Aquest projecte és apropiat desenvolupar-ho a la zona de les Terres de l'Ebre, on s'estén la recent reserva de la biosfera. La Reserva de la Biosfera Terres de l'Ebre té com a objectiu buscar nous enfocaments de gestió forestal enfront el canvi global. Per aquest motiu, tot i que es puguin dur a terme treballs de gestió forestal sostenibles per a la conservació de la biodiversitat, es cerquen nous criteris a incorporar dins d'aquests treballs de gestió, com és el cas que ens ocupa de gestionar els boscos per augmentar la seva capacitat de fixació de CO₂. Aquest és un aspecte nou dins el nostre projecte, ja que no se solen incloure aquests criteris en la gestió forestal. D'aquesta manera, s'augmenten els objectius en la gestió, ja que la sostenibilitat no només està relacionada amb la biodiversitat, sinó també amb aquests altres aspectes.

A photograph of a gravel path winding through a forest of tall pine trees. The path is light-colored and curves to the right in the distance. The trees are tall and thin, with green needles. The ground is covered in low-lying green vegetation and some rocks. The sky is visible through the canopy of the trees.

3. Objectius

L'objectiu principal d'aquest projecte és:

- Calcular la capacitat embornal de carboni de les pinedes de pi blanc de la Vall d'en Bages (Parc Natural dels Ports, Terres de l'Ebre) i proposar i establir uns criteris de gestió per a la maximització de la seva capacitat de fixació de CO₂.

Per poder assolir-lo, és necessari complir amb els següents objectius específics:

- Calcular la quantitat de carboni fixat als boscos.
- Determinar els valors òptims de diverses actuacions de gestió forestal per a maximitzar la fixació del CO₂.
- Extrapolar els resultats obtinguts a les parcel·les dels inventaris a la resta de l'àmbit d'estudi.
- Determinar si existeixen diferències en les diferents condicions topogràfiques en les que creix l'espècie de pi blanc per a l'elaboració de diversos criteris de gestió.



4. Metodologia

Aquest apartat pretén explicar detalladament tots els passos seguits per la obtenció dels resultats. Aquesta metodologia es pot veure de forma resumida al final d'aquest apartat (**Figura 11**).

El treball de camp és una part essencial del projecte, ajuda a extreure unes conclusions més representatives i adequades i permet analitzar quina és la situació en la que es troba l'àmbit d'estudi.

De les 40.055 hectàrees de bosc de pi blanc que hi ha a les Terres de l'Ebre (Aragonès-Gisbert, J. et. al., 2012), el treball se centra en una zona reduïda, la Vall d'en Bages, al límit del Parc Natural dels Ports. Aquesta vall, tal i com s'ha comentat, presenta diferents situacions topogràfiques: zones de pendent o bancals i zones d'obaga o solana. Aquestes característiques poden influir de forma més o menys rellevant al creixement dels pins segons les condicions ambientals (Ribas, M. et. al., 2014): quan les condicions ambientals són més adverses, els creixements en solana i obaga són més homogenis, mentre que en condicions ambientals favorables, les diferències en el creixement d'ambdues zones són més marcades.

Els bancals són aquelles obres destinades a la conservació de sòls que actuen modificant el perfil topogràfic per poder controlar els processos d'escolament i evitar així els processos d'erosió, millorant la qualitat del sòl i la retenció d'humitat per a l'ús del conreu. Per aquest motiu, la presència de les zones abancalades en els boscos mostren els camps agrícoles abandonats. Aquests bancals s'estabilitzen amb l'ús de la pedra seca, que permet la circulació de l'aigua sense erosionar el sòl.

Com ja s'ha mencionat, en una vall també es permeten distingir altres zones en les seves vessants que poden condicionar el creixement dels pins degut a la llum que puguin disposar: les zones d'obaga i de solana. Un estudi de Garcia, J. et. al. (1992) ha determinat que el creixement màxim del *Pinus halepensis* en les zones de solana es duu a terme en un període de tres anys, mentre que el creixement d'aquesta espècie en obaga es pot prolongar fins als 44 anys. Una causa d'aquest fenomen pot ésser que en les zones de solana, com que hi ha llum, els pins presenten un creixement major des del principi fins que esgoten els recursos, moment en què comença un creixement asimptòtic. En canvi, en obaga no hi ha un creixement tan accelerat al principi i es presenta de forma més continuada, ja que els recursos no s'esgoten. Això implica una major producció en les zones d'obaga que en les zones de solana: zones amb major densitat de peus, major àrea basal, major diàmetre normal (DBH), major índex foliar (LAI) i major biomassa a les zones d'obaga que a la solana (Garcia, J. et. al., 1992). També s'ha pogut demostrar, degut a aquest fet, que en períodes d'escassetat hídrica, el creixement en els pins d'obaga és major que en els pins de solana, mentre que en períodes amb recursos hídrics abundants, els pins de solana presenten majors taxes de creixement (Ribas, M. et. al. 2014).

Les zones de solana i obaga a la Vall d'en Bages es poden localitzar mitjançant una cartografia. Per fer-ho, es farà ús dels Sistemes d'Informació Geogràfica (SIG), amb el programari informàtic MiraMon. Els límits de la vall s'establiran partint del mapa de les conques hidrogràfiques. Per conèixer l'extensió de les zones abancalades es digitalitzarà una fotografia aèria del 1956 obtinguda al Vissir (ICGC, 2017).

Per representar les zones de solana i obaga del terreny, el mapa descarregat del Vissir s'ha de convertir a un Model Digital d'Elevacions (MDE) i, a partir d'aquest últim i de tots els azimuts solars (del 0° als 360°) és possible l'obtenció del Model Digital d'Ombres (MDO).

El MDO determina l'angle d'elevació solar a partir del qual cada punt del terreny rep llum directa del Sol; per tant, el fitxer resultant és un mapa del terreny el qual està separat per categories

segons la radiació que reben les zones durant un dia en un metre quadrat. Els valors venen donats amb les unitats: 10 kJ/m²·dia·micròmetre.

La radiació canvia en cada punt segons l'època de l'any en que es trobi, per tant, perquè els resultats mostrin una mitjana que sigui prou representativa i no esbiaixi els resultats és important agafar com a data de referència un equinocci: o bé el de primavera (20 de març) o bé el de tardor (23 de setembre).

A partir del MDO generat, cal buscar a partir de quin valor de radiació es considera zona d'obaga i a partir de quin valor, zona de solana, per agrupar els valors que entrin dins d'aquest interval establert i que el fitxer resultant quedi únicament representat amb dues franges de radiació.

Dins l'àmbit d'estudi hi ha petites zones destinades a conreus i pastures. Com que en aquestes zones no hi ha pi blanc, es cartografien per no tenir-les en compte en el càlcul de la capacitat d'embornal de carboni d'aquesta espècie.

4.1. Modelització informàtica amb Gotilwa+

Per procedir al càlcul de la capacitat d'embornal de carboni i per establir uns criteris de gestió forestal que millorin la seva fixació es fa servir el programa informàtic de modelització, Gotilwa⁺, creat pel Dr. Carlos Gràcia i el Dr. Santiago Sabaté. Aquest model dóna informació sobre els paràmetres de producció dels boscos i permet realitzar simulacions de boscos de massa monoespècífica sota diverses condicions de clima i de sòl (Azcárate, A. et. al., 2015; Gràcia, C. et. al., 2013). Amb aquestes simulacions també es pot observar l'evolució de la massa forestal introduint-hi unes tècniques de gestió.

La capacitat d'embornal de carboni es pot calcular coneixent el valor de la biomassa total (BT) del pi blanc a l'àmbit d'estudi. A partir d'aquí, es poden realitzar les conversions de les equacions (4), (5) i (6) (Azcárate, A. et. al., 2015) per conèixer l'estoc de carboni i la quantitat de CO₂ fixat:

$$\text{Carboni} = \text{BT} \cdot a, \quad (3)$$

on a és la quantitat de carboni que conté el pi blanc, expressat en tant per u (es pot arroximar una proporció de 0,5).

Aquest estoc de carboni prové de l'absorció de CO₂ atmosfèric; aleshores, mitjançant el factor de conversió de l'equació (6), es pot conèixer la massa del CO₂ que s'ha fixat per obtenir aquest estoc de carboni, el qual es calcula a partir dels pesos atòmics del carboni ($M_{\text{CO}_2} = 44 \text{ g/mol}$):

$$\frac{44}{12} = \frac{3,667 \text{ kg CO}_2}{1 \text{ kg C}} \quad (4)$$

$$\text{CO}_2 = \text{C} \cdot \frac{3,667 \text{ kg CO}_2}{1 \text{ kg C}} \quad (5)$$

¹ *Growth Of Trees Is Limited by WAter.*

La biomassa total és la suma de la Biomassa Aèria Total (BAT) dels individus i la Biomassa Subterrània Total (BST), que és la biomassa de les arrels (equació 7). Tot i que la BAT de l'estrat arbori és la que presenta la major proporció de biomassa, no es pot obviar el valor de la BST, ja que representa un 25% de la biomassa total en mitjana (Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, 2012).

$$BT = BAT + BST \quad (6)$$

Els inputs que es necessiten per executar el model són (Gràcia, C. et. al., 2013):

- Dades meteorològiques diàries de, com a mínim, 10 anys. Les variables que es necessiten són de temperatura màxima i mínima, precipitació, radiació solar i velocitat del vent.
- Dades sobre l'ecofisiologia de l'espècie.
- Dades de densitat del bosc i de distribució de les classes diametral.
- Dades edàfiques. Les dades més importants a tenir en compte són la textura del sòl (abundància d'elements grossos), la profunditat del sòl i el percentatge de Carboni Orgànic del Sòl (COS). Aquestes dades ens permetran calcular la capacitat d'emmagatzematge d'aigua.

Per obtenir aquest conjunt d'informació es realitzarà un treball de camp i de recerca de dades, excepte pel cas de les dades ecofisiològiques de l'espècie, que venen predefinides al Gotilwa+ degut a que el pi blanc és una espècie amb una gran distribució.

4.2. Càlcul de la biomassa aèria total amb equacions al·lomètriques

Els valors de BAT i BST es poden obtenir amb el Gotilwa+, però el valor de la BAT també es pot calcular a partir d'equacions al·lomètriques. L'al·lometria permet comparar les dimensions de diverses parts del cos d'un organisme coneixent uns paràmetres, que estableixen aquestes relacions (Sabater i Comas, F. et. al., 1997). Pel cas dels arbres, això es pot fer a partir de la següent fórmula:

$$y = a \cdot DN^b, \quad (7)$$

on DN és el diàmetre normal de cada individu, y és el valor que es vol conèixer (com l'alçada de l'arbre, per exemple) a partir del DN i a i b són els paràmetres específics de cada espècie.

El càlcul de la BAT amb el Gotilwa+ i amb les equacions al·lomètriques permet comparar i discutir resultats, i determinar així possibles errors i aproximacions.

Per poder calcular la BAT, es realitza un sumatori de la biomassa de fusta, d'escorça i de branques i fulles del bosc. (Piñol, J. et. al., 2014).

- Càlcul de la biomassa de la fusta (B_f)

La biomassa de fusta (t/ha) s'obté amb la següent fórmula, fent els canvis d'unitat necessaris:

$$B_f = V_f \cdot \delta_f \quad (8)$$

on V_f és el volum de fusta (m^3) i δ_f és la densitat de la fusta ($g \cdot cm^{-3}$). Aquesta variable es calcula per cadascun dels individus mostrejats.

El volum de la fusta (m^3) es calcula de la següent manera:

$$V_f = \pi \cdot \left(\frac{DN^*}{2}\right)^2 \cdot h \cdot k_m \quad (9)$$

on DN^* és el diàmetre de l'arbre sense escorça (m), h és l'alçada de l'arbre (m) i k_m és el coeficient de forma (en el cas del pi blanc, $k_m = 0,43$).

El DN^* (m) es calcula fent els canvis d'unitat necessaris:

$$DN^* = DN - 2c \quad (10)$$

on c és el gruix de l'escorça (mm).

El gruix de l'escorça (mm) es calcula seguint l'equació al·lomètrica anterior, l'equació (7), i utilitzant les dades concretes del pi blanc:

$$a = 0,55 \quad b = 1,18$$

- Càlcul de la biomassa de l'escorça (B_e)

La biomassa de l'escorça també la deduïm a partir el seu volum. Sabem que el volum total (V_t) (m^3) de fusta i escorça és:

$$V_t = \frac{\pi}{4} \cdot DN^2 \cdot h \cdot k_m \quad (11)$$

Per tant, per obtenir el volum de l'escorça (V_e) (m^3), només cal restar:

$$V_e = V_t - V_f \quad (12)$$

Aleshores, per calcular la biomassa de l'escorça s'aplica la mateixa fórmula que per calcular la biomassa de la fusta, utilitzant aquesta vegada el volum de l'escorça i la densitat de l'escorça, fent els canvis d'unitat corresponents:

$$B_e = V_e \cdot \delta_e \quad (13)$$

on δ_e és la densitat de l'escorça ($g \cdot cm^{-3}$). Aquesta variable es calcula per cadascun dels individus mostrejats.

- Càlcul de la biomassa de les branques amb fulles (B_b)

La biomassa (kg) d'aquestes es calcula directament a partir de la fórmula al·lomètrica (7). En el cas del pi blanc, els paràmetres per branques amb fulles:

$$a = 0,120 \quad b = 1,89$$

Per tant, la biomassa aèria total de cada individu (t), fent els canvis d'unitat corresponents és:

$$BAT = B_f + B_e + B_b \quad (14)$$

Fent el sumatori de la biomassa aèria total de tots els individus de la parcel·la i dividint-la per l'àrea mostrejada (ha), s'obté la biomassa aèria total en unitats de t/ha per poder extrapolar els resultats de cada parcel·la.

4.3. Treball de camp

Les dades d'estructura forestal i d'edafologia necessàries per fer funcionar el Gotilwa+ s'obtenen mitjançant el treball de camp.

4.3.1. Inventaris forestals

Per obtenir la informació sobre l'estructura forestal es realitzen inventaris prenent parcel·les circulars de 10 metres de radi a cada una de les tres zones. Aquests inventaris es realitzen partint d'unes fitxes de camp adaptades i basades en les fitxes del Pla Tècnic de Gestió i Millora Forestal (PTGMF) i del Pla Simple de Gestió Forestal (PSGF) (Generalitat de Catalunya, Centre de la Propietat Forestal, 2017).

Utilitzant una cinta mètrica de 15 metres (veure la fitxa tècnica de material 2 a l'**Annex I**), es delimita la parcel·la circular de 10 metres de radi. En el cas que hi hagi pendent, es fa una correcció per tal que totes les parcel·les estudiades tinguin la mateixa àrea projectada: es calcula el pendent utilitzant un clinòmetre (veure la fitxa tècnica de material 5 a l'**Annex I**), i s'hi aplica l'equació (15) per transformar el cercle en una el·lipse que ens permeti que l'àrea de la parcel·la estudiada sigui igual en tots els casos, tant si hi ha pendent com si no.

$$a = b \cdot \cos \theta \quad (15)$$

En el cas que el pendent sigui de 0° , el cercle serà de 10 m de radi (**Figura 7.a**), en el cas que hi hagi pendent, l'el·lipse tindrà el component a amb el valor de 10 metres i el b serà inferior (**Figura 7.b**).

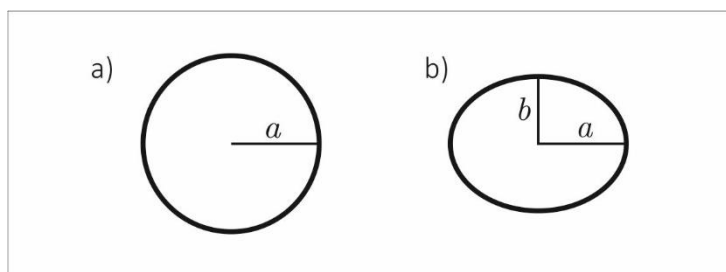


Figura 7. Representació del model de les parcel·les: sense correcció de pendent (a) i amb correcció del pendent (b).

Un cop delimitades les nou parcel·les, tres de cada zona topogràfica, es recullen dades de densitat arbòria (peus de pi blanc per parcel·la) i estructura forestal. Per fer-ho, es mesura el diàmetre normal (DN, també conegut com a DBH –*Diameter at Breast Height*) del tronc (Piñol, J. et. al., 2006) de tots els individus de pi blanc amb una forcípula (veure la fitxa de materials 3 a l'**Annex I**), així com es mostra a la **Figura 8**. Aleshores, es poden classificar els individus per classes diametral (CD) de 5 cm. S'anotaran els diàmetres de tots els individus majors de 7,5 cm, que és el que es necessita per fer el càlcul de la BAT, ja que els peus menors de 7,5 cm de DBH són menyspreables en aquest càlcul. Tot i això, els peus menors han d'ésser comptabilitzats per a elaborar la distribució de classes diametral.



Figura 8. Mesura del diàmetre normal mitjançant una forcípula.

Per acabar de caracteritzar la parcel·la, seguint les fitxes de camp, es recullen dades de la profunditat del sòl i la proporció d'elements grossos (veure apartat 4.2.2.), l'estrat arbori, el tipus de roca, l'erosió, la composició específica i la distribució espacial de la massa (veure les fitxes de camp a l'**Annex II**).

4.3.2. Mesures de profunditat i proporció d'elements grossos del sòl

Les dades de la profunditat del sòl es poden obtenir fent mesures mitjançant barres metàl·liques (veure Fitxa tècnica de material 6 a l'**Annex I**) a les parcel·les en les que es realitzen els inventaris, com es pot veure a la **Figura 9**. A partir de diverses mesures s'obté una profunditat mitjana del sòl.



Figura 9. Mesura de la profunditat del sòl.



Figura 10. Mesura de l'abundància d'elements grossos del sòl amb el sedàs i la bàscula.

Per determinar l'abundància d'elements grossos, es prenen diverses mostres del nostre àmbit d'estudi. Aprofitant l'inventari de les parcel·les, es prendran mostres de sòl en algunes d'elles. Una vegada s'han pres aquestes mostres (500 g, aproximadament), mitjançant un sedàs de 2 mm es garbella la terra per filtrar-la i es pesen la fracció major de 2 mm i la fracció menor de 2 mm per separat (veure la **Figura 10**). Amb aquestes dades, es pot obtenir el percentatge d'elements grossos al sòl.

4.4. Recerca de dades

Mentre que les dades sobre l'estructura forestal i algunes de les dades edàfiques es poden obtenir amb mesures directes al camp, les dades climàtiques necessàries i el percentatge de Carboni Orgànic al Sòl (COS) són dades que s'hauran de demanar a les seves institucions corresponents.

Com ja s'ha dit, per caracteritzar el clima de l'àmbit d'estudi, el Gotilwa+ necessita les dades climàtiques diàries d'un període de, com a mínim, 10 anys. Com que no es disposa d'un registre

complet per aquest període de temps de les dades diàries climàtiques de cap estació propera a l'àmbit d'estudi, es genera una sèrie climàtica amb el Gotilwa+ amb les mitjanes mensuals de l'estació del PN dels Ports i la variabilitat de la sèrie climàtica de l'estació de Poblet, que ve predefinida al programari. Això es permet fer amb l'eina de "Weather generator" amb la que conta el Gotilwa+.

Pel que fa a les dades de COS, s'obtenen a partir d'una analítica del paratge de la Moleta, que se situa a 3 km del nostre municipi, a la població d'Alfara de Carles, i que es troba dins la mateixa unitat cartogràfica al mapa de sòls de l'ICGC.

Amb aquesta informació, el programa simula el creixement del bosc en un període de temps determinat. Una vegada introduïdes les dades al model, s'ha de fer un calibratge per comprovar que les dades introduïdes s'ajusten a la realitat. Per poder realitzar aquest calibratge, s'obtenen les dades sobre les taxes de creixement a l'Inventari Forestal Nacional. Aquest procés de calibratge s'enfoca a ajustar aquestes dades que no han pogut ser mesurades *in situ* a l'àmbit d'estudi.

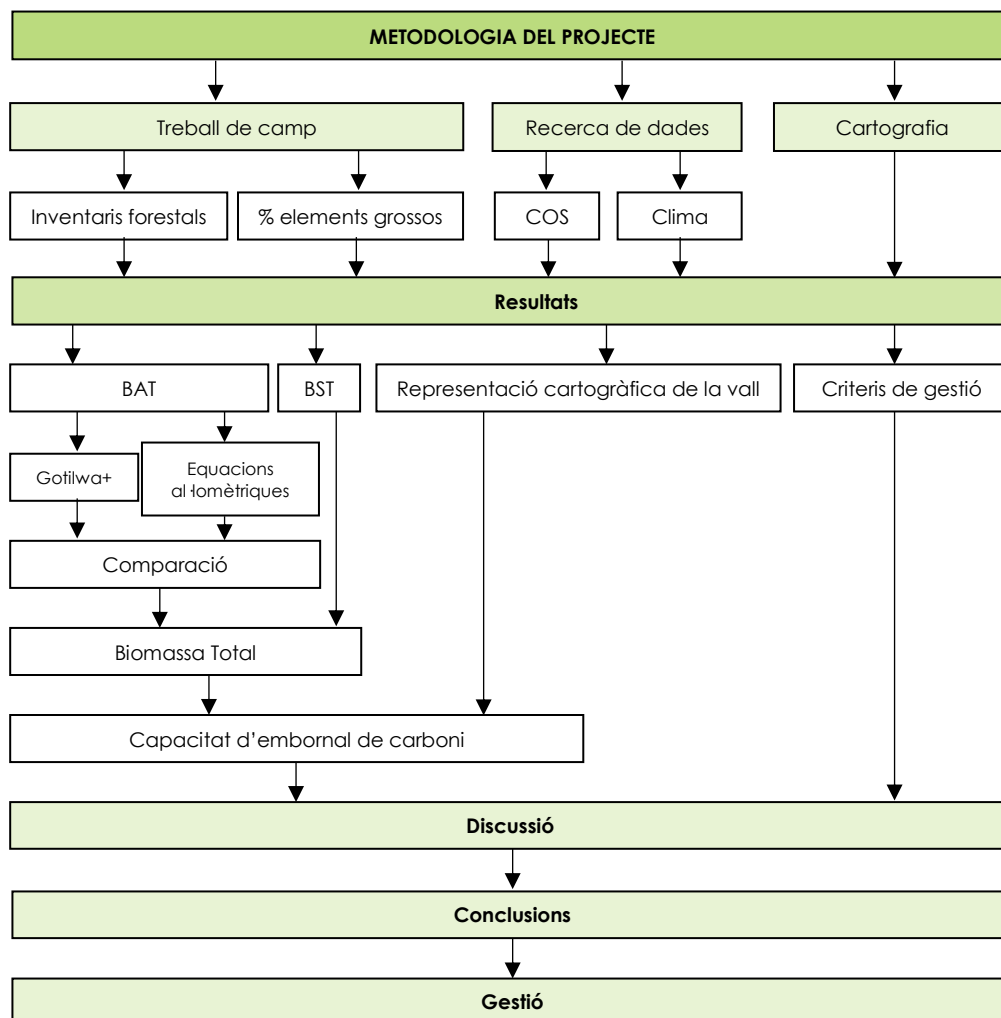


Figura 11. Esquema de la metodologia a seguir durant el projecte.



5. Resultats i discussió

5.1. Descripció qualitativa de la vegetació de la Vall d'en Bages en les diferents zones

La Vall d'en Bages és força homogènia pel que fa a la composició paisatgística: el sòl és calcari en tota la vall, excepte algunes intrusions poc destacables d'argila, i l'espècie predominant en tota la vall és el pi blanc. Tot i que actualment la vegetació s'estén sense límits, antigament hi havia un cultiu important en extensió d'oliveres (*Olea europaea*). Per a facilitar el creixement i la recollida de fruits d'aquestes oliveres hi ha construïts bancals al llarg de certes zones de la vall que suprimeixen el pendent.

La vegetació de la vall és mediterrània, per tant, pel que fa a espècies arbòries està dominada pel pi blanc amb una freqüent aparició de la carrasca (*Quercus ilex* subsp. *rotundifolia*) –amb algunes oliveres puntuals que resten dels conreus. Té un sotabosc molt dens d'escleròfil·les, herbàcies i algunes lianes. D'espècies arbustives destacables s'hi troben el llentiscle (*Pistacia lentiscus*), l'arboç (*Arbutus unedo*), el càdec (*Juniperus oxycedrus*) i l'aladern de fulla estreta (*Phillyrea angustifolia*).

Tot i aquestes generalitats, la vall presenta algunes diferències segons la presència o absència de bancals i les zones obagues i solanes, per tant, per fer més representatius els resultats d'aquest projecte, inicialment es divideix la vall en tres zones (com s'ha explicat a l'apartat de metodologia): zona solana, zona obaga sense bancals i zona obaga amb bancals. De cada zona, es mostregen tres parcel·les de 10 metres de radi, comptant amb un total de nou parcel·les mostrejades.

5.1.1. Zona de solana

Es tracta d'una zona de difícil accés amb un pendent considerable (veure **Figura 12**). Destaca per no tenir pins menors, ja que prèviament ha rebut una gestió forestal que es fa evident per les nombroses soques que trobem pel terreny i per l'absència de pins menors, és a dir, de pins de diàmetre inferior a 7,5 centímetres. Tots els pins formen part de classes diametralment altes. Aquesta zona té un sotabosc molt dens, format principalment pel llentiscle, el garric (*Quercus coccifera*) l'arítjol (*Smilax aspera*) i, en menor percentatge, hi ha càdec, savina comuna (*Juniperus phoeniceae*), romaní (*Rosmarinus officinalis*) i la rogeta (*Rubia peregrina*).



Figura 12. Imatge de la zona de solana a la Vall d'en Bages.

En aquesta zona hi ha grans blocs de roca que ocupen una elevada superfície del sòl, forçant els individus a créixer en poca superfície de terra.

5.1.2. Zona d'obaga sense bancals

Es tracta igualment d'una zona de pendent considerable. Hi ha un percentatge elevat de pins que formen part de classes diametralment altes, com es veu a la **Figura 13**, tot i que hi ha forces pins menors o de classes diametralment inferiors –no hi ha evidència de cap gestió anterior. En la fase arbòria, existeix una densitat major d'individus de carasca (en alguna zona concreta de la topografia), tot i que el pi blanc segueix sent predominant. La fase arbustiva ocupa una gran part del terreny, i hi dominen espècies com el càdec, el garric, el bruc d'hivern (*Erica multiflora*) i el llentiscle. En menor percentatge hi ha l'heura (*Hedera helix*), l'aladern de fulla estreta, el margalló (*Chamaerops humilis*), la rogeta i l'aladern (*Rhamnus alaternus*).

En aquesta zona la presència de blocs rocosos és mínima, fet que permet que la vegetació estigui més espaiada i facilita l'accés.



Figura 13. Imatge de la zona d'obaga sense bancals a la Vall d'en Bages.

5.1.3. Zona d'obaga amb bancals



Figura 14. Imatge de la zona d'obaga amb bancals a la Vall d'en Bages.

Es tracta d'una zona, en general, de fàcil accés i sense pendent degut als bancals (veure **Figura 14**). La fase arbòria és principalment de pi blanc, de classes diametralment petites o pins menors. Pel que fa als pins de classes diametralment superiors, són pocs individus, i també hi ha alguna olivera restant dels antics cultius. El sotabosc és poc dens, principalment dominat pel llentiscle i el garric. També hi trobem estepa blanca (*Cistus albidus*), bruc d'hivern, heura, aladern, rogeta i arítjol.

No hi ha blocs de pedra que impedeixin el creixement de la vegetació.

5.2. Dades obtingudes

La primera dada que es necessita per començar a elaborar els resultats és la densitat arbòria, obtinguda mitjançant l'inventari de les parcel·les (veure **Annex II**), per poder determinar la biomassa total (BT) i poder-la utilitzar com a input per al Gotilwa+. Els altres inputs a introduir al Gotilwa+ són, com ja s'ha esmentat, les dades climàtiques i les dades edàfiques (les dades sobre l'ecofisiologia de l'espècie es troben predefinides al Gotilwa+). Degut a la incertesa que presenten aquestes dades en tant que no són mesures del nostre àmbit o no s'han pogut mesurar bé, es necessita un procés de calibratge.

Per a una caracterització inicial de la Vall d'en Bages i poder conèixer la seva extensió amb l'objectiu d'extrapolar els resultats de les parcel·les a tot l'àmbit d'estudi, s'ha elaborat una cartografia (**Figura 15** i **Figura 16**) on s'han definit els límits mitjançant els mapes de conques, s'han

determinat les zones d'obaga i solana, s'han delimitat les zones abancalades amb els ortofoto-mapes del 1956 (ICGC, 2017) i s'han establert aquelles zones en què no hi ha usos forestals (zones de cultius i pastures).

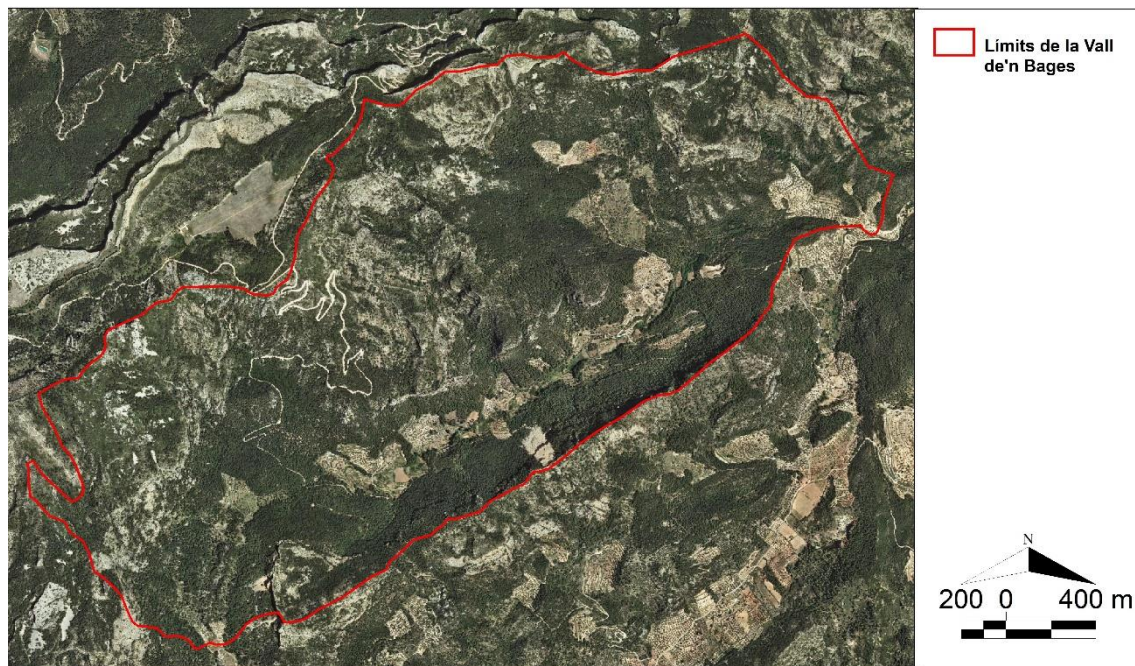


Figura 15. Límits geogràfics de la Vall d'en Bages.

Per definir les zones d'obaga i solana, s'ha elaborat un mapa de radiacions. Els valors de radiació a la Vall d'en Bages van des de $4140 \text{ kJ/m}^2 \cdot \text{dia} \cdot \text{micròmetre}$ a $27.950 \text{ kJ/m}^2 \cdot \text{dia} \cdot \text{micròmetre}$. S'ha agafat com a interval de valors de radiació d'obaga $[4140, 21140 \text{ kJ/m}^2 \cdot \text{dia} \cdot \text{micròmetre}]$ i com a interval de valors de radiació de solana, $[21150, 27950 \text{ kJ/m}^2 \cdot \text{dia} \cdot \text{micròmetre}]$. Aquests intervals s'han determinat gràcies al treball de camp, localitzant les parcel·les de solana i obaga.

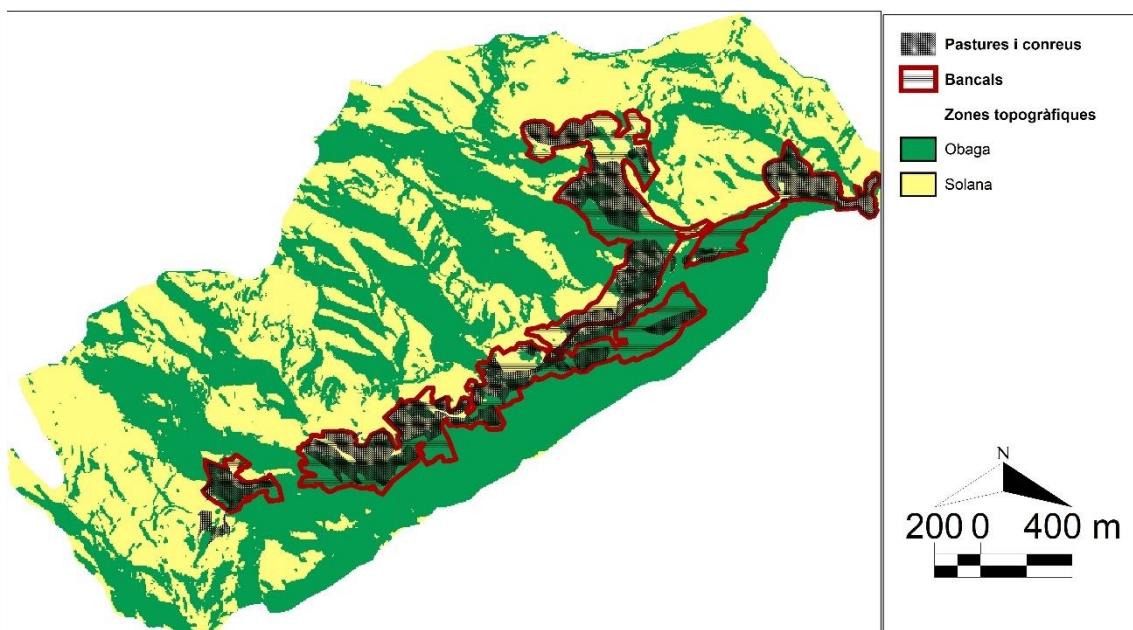


Figura 16. Cartografia de la Vall d'en Bages.

Amb aquesta cartografia s'ha pogut determinar l'extensió del total del nostre àmbit d'estudi, així com l'àrea que ocupen les diferents situacions topogràfiques (**Taula 5**). Al mapa podem veure com hi ha algunes zones abancalades que ocupen la zona de solana. Aquestes zones no han estat considerades en aquest estudi ja que, com es veu a la **Figura 16**, la majoria d'elles són dedicades a la pastura. Aquesta activitat ocupa una extensió mínima, limitada a aquestes zones de la vall. Coneixent l'extensió de les diferents zones de la vall, es podran extrapolar els resultats obtinguts a cada parcel·la.

Taula 5. Extensió total i per zones topogràfiques de la Vall d'en Bages.

Zona	Extensió (ha)
Solana forestal	227
Obaga forestal	265
Pastures i conreus	45,3
Vall d'en Bages	537

5.2.1. Distribució de les classes diametral

Per determinar la distribució de les classes diametral (CD), s'han realitzat tres inventaris de parcel·les per a cada situació topogràfica diferent (solana, obaga sense bancals i obaga amb bancals), obtenint en total una mostra de $N = 9$ parcel·les. El mapa de la **Figura 17** mostra la localització d'aquestes parcel·les a la Vall d'en Bages.

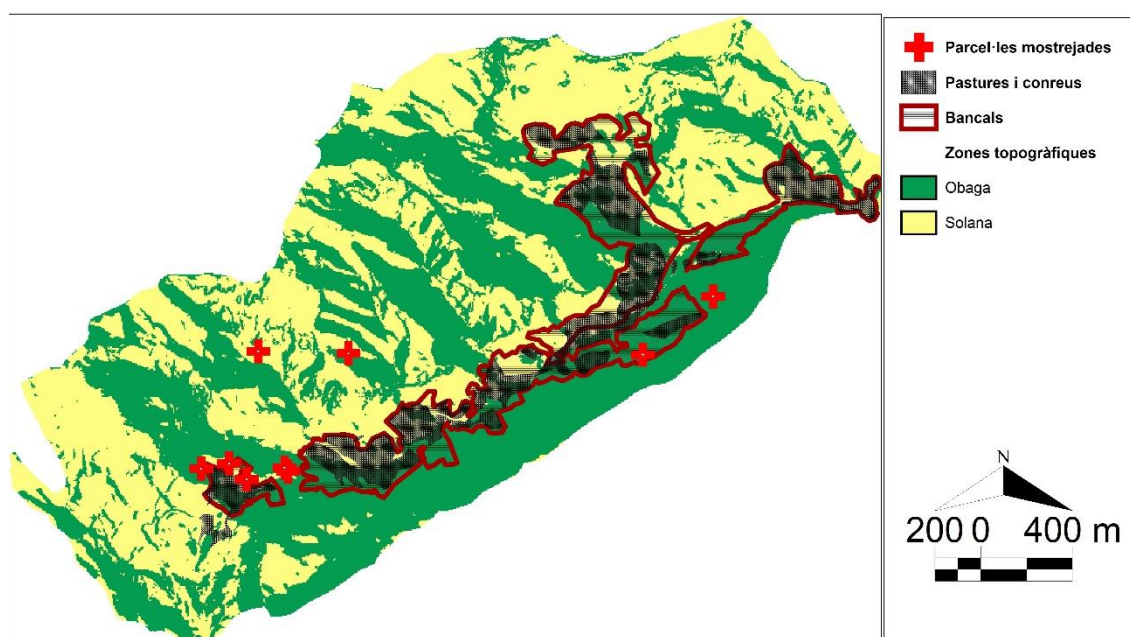


Figura 17. Localització de les nou parcel·les mostrejades a la Vall d'en Bages.

A continuació es mostra la distribució de les classes diametral obtingudes expressades en peus/ha a cada parcel·la (**Figura 18**, **Figura 19** i **Figura 20**):

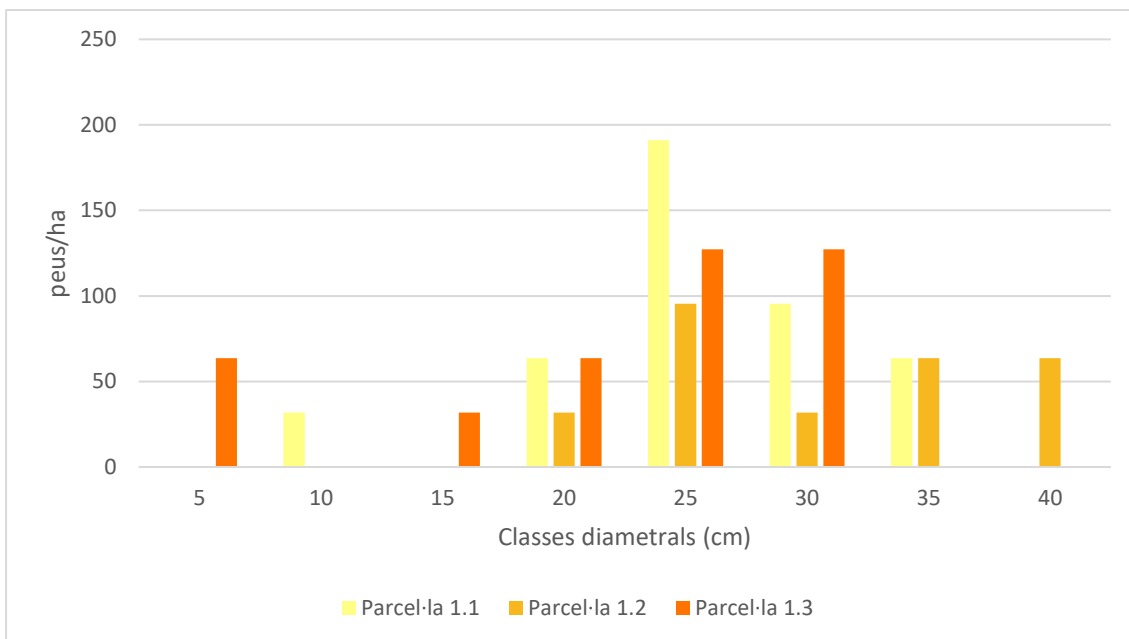


Figura 18. Distribució de les classes diametral per les parcel·les de solana.

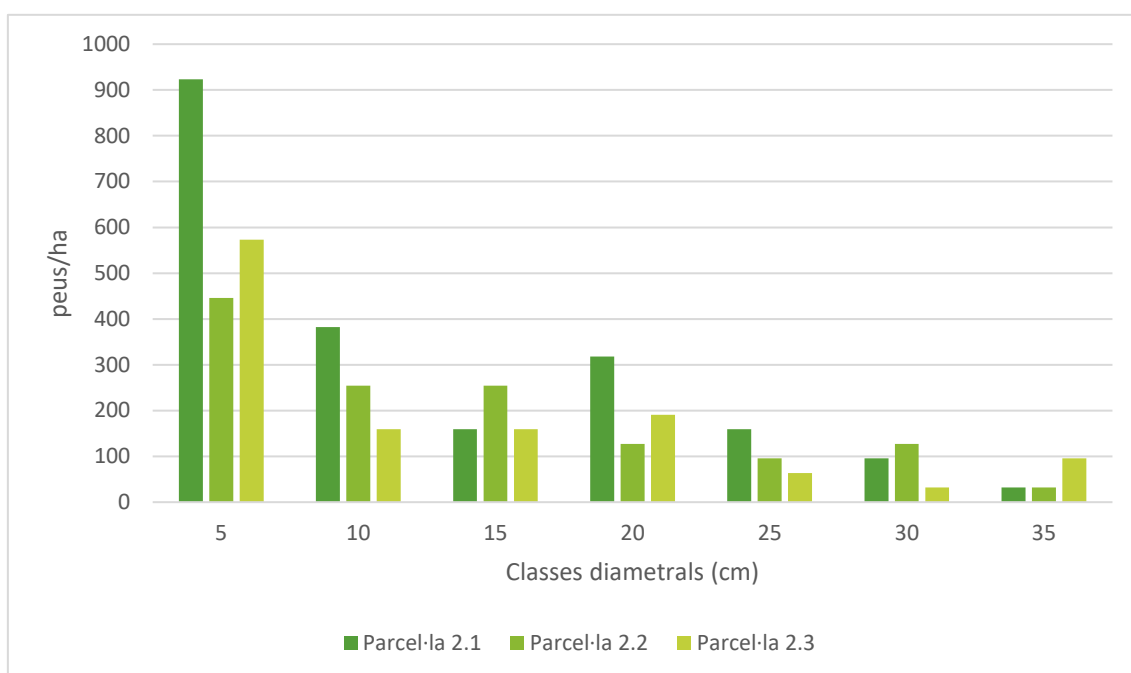


Figura 19. Distribució de les classes diametral per les parcel·les d'obaga sense bancals.

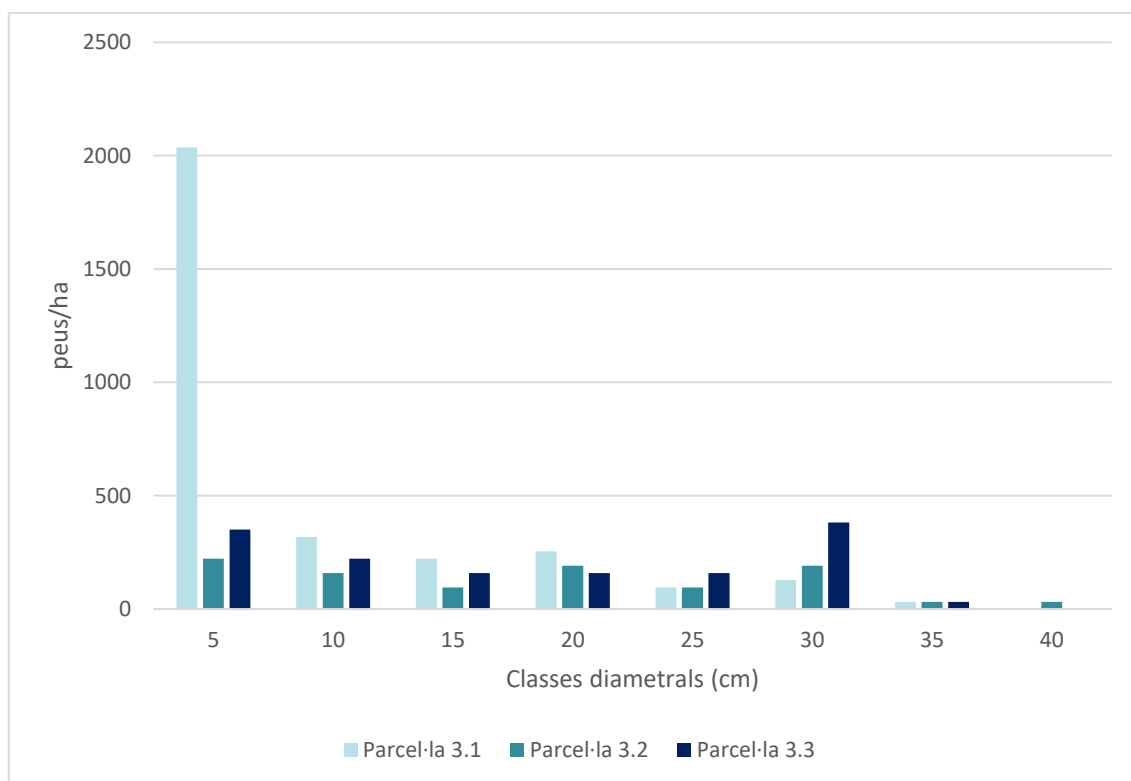


Figura 20. Distribució de les classes diametral per les parcel·les d'obaga amb bancals.

Per poder comparar l'estructura arbòria de les diferents zones topogràfiques, a la **Figura 21** es mostren les mitjanes del nombre total de peus i classificats per classes diametral per a cada zona topogràfica:

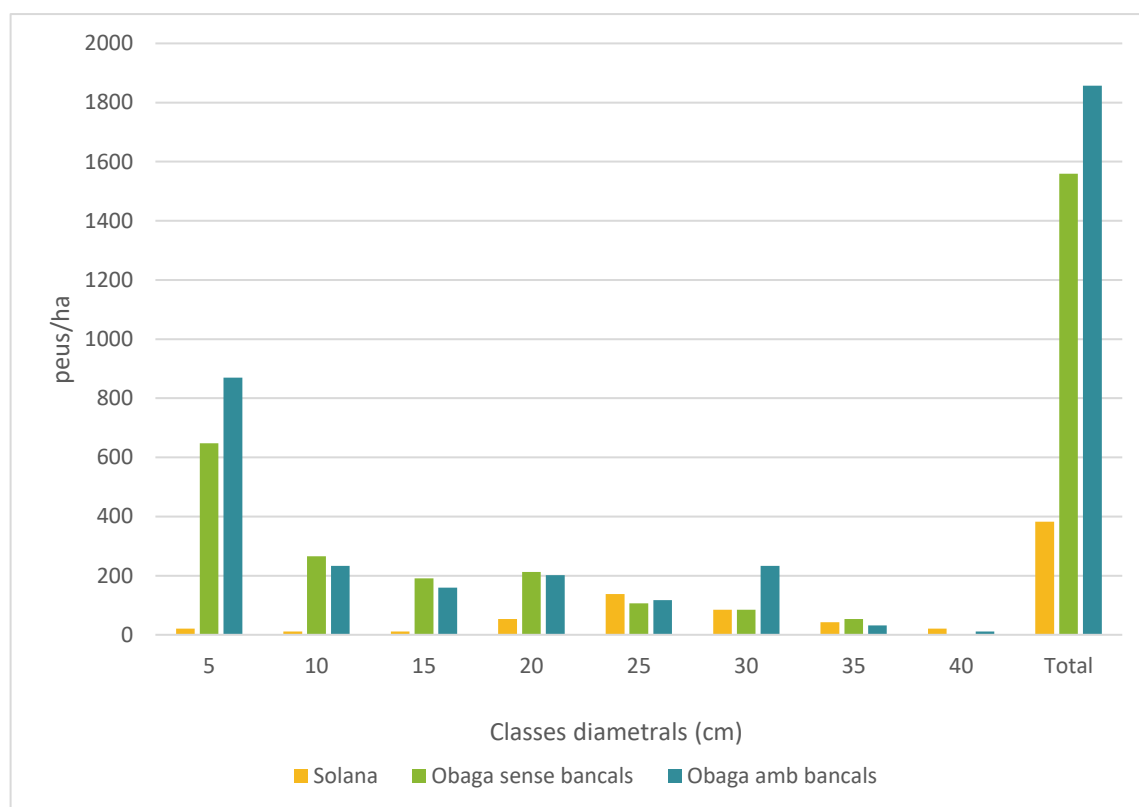


Figura 21. Distribució de les classes diametral per cada zona topogràfica.

Es poden apreciar certes diferències entre les classes diametral de les tres zones estudiades, però les que més destaquen són les que es donen entre les zones de solana i d'obaga (tant les zones abancalades com les zones sense bancals). Les zones de solana són molt menys denses que les zones d'obaga, tal i com expliquen Garcia, J. et. al. (1992) i Ribas, M. et. al. (2014). A més, la zona de solana és una zona on hi abunden més els individus de classes diametral majors. Per contra, les zones d'obaga presenten molts més peus menors (però s'ha de tenir en compte que també tenen més arbres majors que les zones de solana en la majoria dels casos). Tot i que també es poden veure diferències entre les zones abancalades i les zones de pendent, sobretot en els individus més joves, aquestes diferències no són tan marcades com les que s'estableixen entre obaga i solana.

Aquestes diferències tan marcades entre solana i obaga poden ser conseqüència de la gestió que s'ha dut a terme prèviament a la zona de solana, en què s'han tallat tots els peus menors. Tot i així, la gestió forestal duta a terme a la zona de solana no seria la causa de les diferències en els arbres majors (Garcia, J. et. al., 1992; Ribas, M. et. al., 2014), pel que es pot concloure que hi ha diferències en l'estructura del bosc a l'obaga i la solana.

Observant aquestes diferències en l'estructura del bosc entre obaga i solana, es tractaran aquestes dues zones per separat inicialment (les dades de la **Figura 22** són les que s'introdueixen al model Gotilwa+ per realitzar les simulacions), determinant la captura del carboni i uns criteris de gestió diferents per la solana i per la obaga. Un cop obtinguts els resultats, es pot determinar si realment existeixen diferències en quant a la capacitat d'embornal d'aquestes dues zones. Com que les dades edàfiques, ecofisiològiques i meteorològiques que es prenen són uniformes per tot l'àmbit d'estudi, les úniques diferències que es poden observar entre les zones d'obaga i de solana en aquest estudi és respecte l'estructura arbòria.

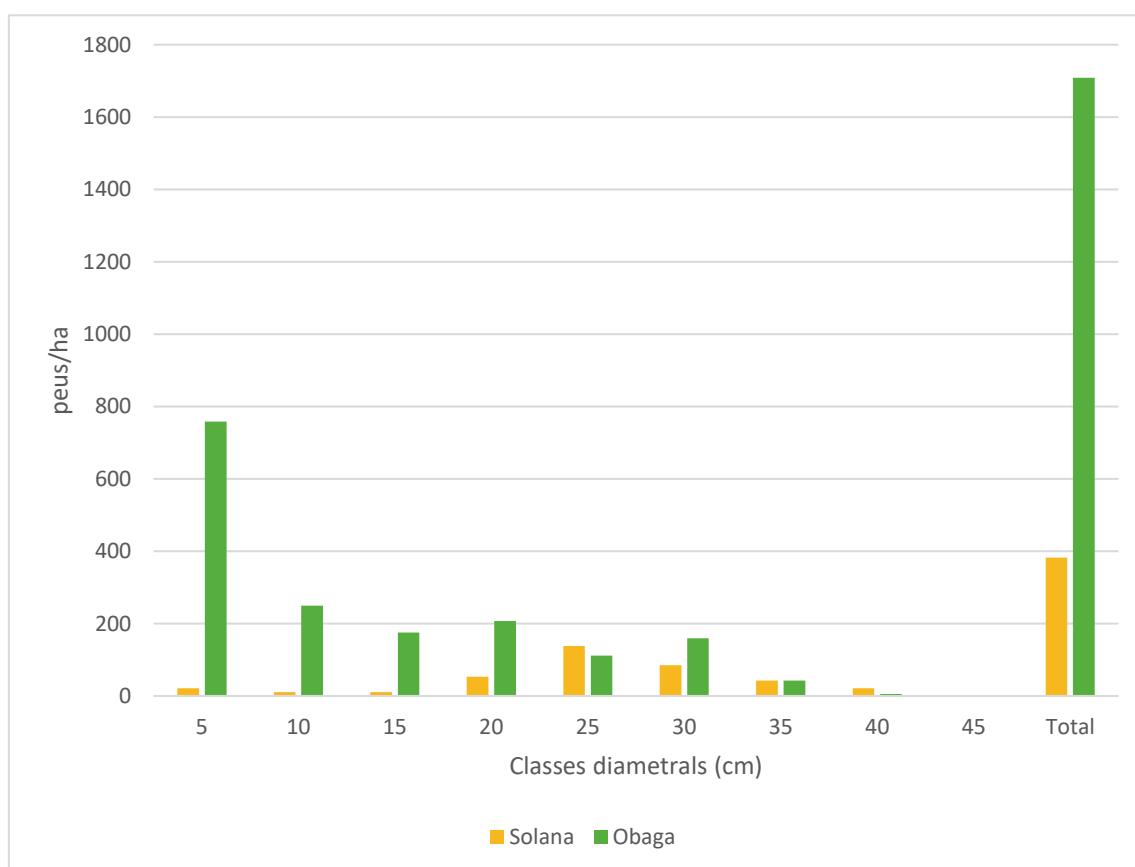


Figura 22. Distribució de les classes diametral per les zones de solana i obaga.

Vista la vall de forma uniforme, sense discriminar per zones, es pot veure com dominen els individus de la classe diametral 5, és a dir, els peus menors; per tant, hi predominaran els pins amb troncs no molt amples (**Figura 23**):

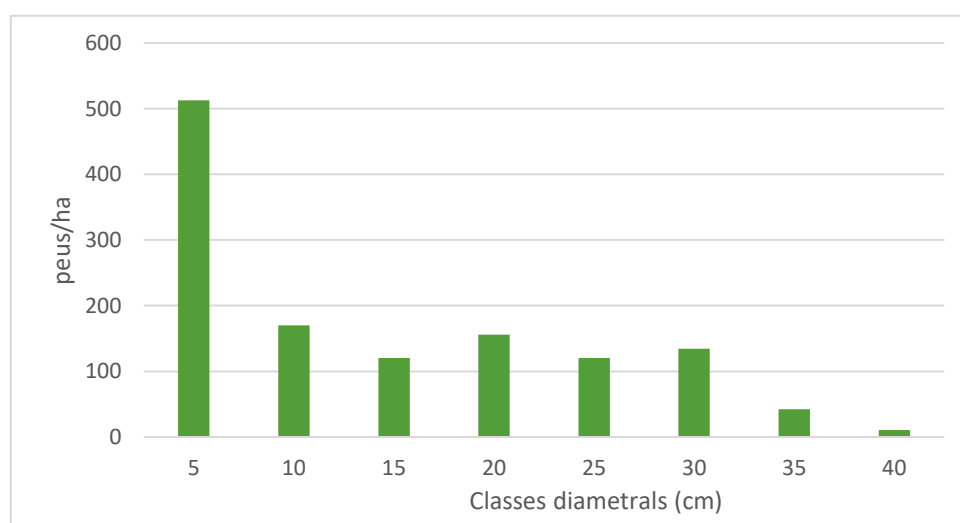


Figura 23. Distribució de les classes diametral a la Vall d'en Bages.

5.2.2. Percentatge d'elements grossos

Per a determinar el percentatge d'elements grossos del sòl s'han pres sis mostres. Els resultats es mostren a la **Taula 6**. A partir d'aquests valors s'ha obtingut el valor mitjà de 70,5% d'elements grossos (majors de 2 mm), que s'introdueix al Gotilwa+.

Taula 6. Valors d'abundància d'elements grossos (> 2 mm) al sòl (%).

Parcel·la 1.2	73,7
Parcel·la 1.3	61,6
Parcel·la 2.2	74,0
Parcel·la 2.3	60,2
Parcel·la 3.2	77,9
Parcel·la 3.3	75,8
Mitjana	70,5

5.2.3. Procés de calibratge

Abans de fer simulacions amb el model i obtenir els resultats es necessita realitzar un calibratge per tal d'ajustar aquelles dades que no s'han pogut mesurar *in situ*, que són les dades del percentatge de Carboni Orgànic present al Sòl (COS) i les dades de profunditat, obtingudes a partir d'una anàlisi de la zona de la Moleta de l'any 2010. Per fer aquest calibratge, s'ha de realitzar una simulació dels primers 25 anys amb les dades obtingudes. El resultat d'aquesta simulació es compara amb alguna dada ja mesurada del bosc d'aquesta zona. Així, comparant el resultat de la simulació amb les dades reals, es poden anar ajustant els valors introduïts. En aquest cas, s'han pres dades de producció de fusta i escorça de la Regió Forestal VII (Baix Ebre, Montsià,

Priorat, Ribera d'Ebre i Terra Alta) de l'Inventari Forestal Nacional (IFN) (Gràcia, C. et. al., 2002). Pel pi blanc, aquests valors de producció es troben representats a la **Taula 7**:

Taula 7. Valor mitjà i rang de producció de fusta i escorça (t/ha/any) a la Regió VII de l'IFN.

Mitjana	Mínim	Màxim
1,3	0,3	4,4

Font: Gràcia, C. et. al., 2002.

Com s'ha determinat a l'apartat anterior en veure la distribució de classes diametral de cada zona, s'elaboraran els resultats de forma independent en cada zona topogràfica (és a dir, s'elaboraran uns resultats per les zones de solana i altres per les zones d'obaga) per comparar i discutir les possibles diferències en la capacitat d'embornal de carboni a cada zona i si són necessaris uns criteris de gestió diferents. Per aquest motiu, el procés de calibratge també es repetirà dues vegades, un per l'estructura de bosc d'obaga i un per solana, per tal de comprovar que els valors s'ajusten a ambdues zones.

Per començar el calibratge, primer s'ha d'elaborar una sèrie climàtica pròpia amb el Gotilwa+ mitjançant l'eina del "Weather Generator". Per fer-ho, es necessiten les dades mitjanes mensuals de temperatura màxima, temperatura mínima, temperatura mitjana, precipitació mensual, nombre de dies de precipitació mensual, velocitat del vent, i irradiació solar. Aquestes dades s'han obtingut del Servei Meteorològic de Catalunya i s'han elaborat a partir de les dades mitjanes mensuals de nou anys (2007-2016) (**Taula 8**):

Taula 8. Dades mitjanes mensuals de l'estació PN dels Ports elaborades a partir de les mitjanes mensuals dels anys 2007 a 2016.

Mes	T (°C)	T màx (°C)	T mín (°C)	# Dies precipitació	V. Vent (m/s)	Q (MJ/m²)	Precipitació (mm)
Gener	3,79	8,48	0,54	9,9	4,79	6,71	57,78
Febrer	3,16	7,9	-0,35	11,3	5,35	9,34	63,57
Març	5,42	10,87	1,41	11,6	4,92	13,48	193,9
Abril	8,47	14,06	4,12	13	3,71	17,43	125,65
Maig	11,98	17,85	7,08	10,2	3,82	21,55	77,85
Juny	16,48	22,76	11,0	8,2	3,03	24,66	40,05
Juliol	19,42	25,6	13,66	5,2	3,18	25,52	26,77
Agost	19,3	25,58	14,01	6,4	2,93	21,49	22,85
Setembre	15,36	21,56	10,79	8,8	3	16,3	70,78
Octubre	11,63	23,4	7,72	11,4	3,23	11,53	117,64
Novembre	6,52	11,19	3,28	11,6	4,48	7,5	180,14
Desembre	4,26	8,94	0,99	9,6	4,02	6,08	101,22

Font: Servei Meteorològic de Catalunya, 2017.

A més d'aquestes dades, es necessita conèixer la variabilitat climàtica per poder elaborar la sèrie climàtica. Aquesta variabilitat es pren de les dades diàries de l'estació meteorològica de Poblet (1981-1997), que es troben predefinides al Gotilwa+.

A partir d'aquí, s'ha generat una sèrie climàtica per als propers 100 anys, amb la que es faran les simulacions per obtenir els resultats.

Tot i que aquest és un recurs que pot funcionar a l'hora de fer les simulacions, aquesta sèrie climàtica que s'ha elaborat no té la base d'unes dades reals, ja que s'han pres les dades climàtiques d'una zona i s'ha fet servir la variabilitat climàtica d'una altra. La situació ideal seria generar la sèrie climàtica a partir de les dades reals. Això es pot calcular mitjançant les dades climàtiques diàries de l'àmbit d'estudi o d'una zona propera i que siguin d'un període de, com a mínim, 10 anys. A més a més, aquest registre ha d'estar complert (és a dir, no hi pot faltar el registre de cap dia, sigui d'una variable o totes), ja que els models no permeten buits d'informació.

Pel que fa a les dades edàfiques, segons les dades de l'ICGC, la Vall d'en Bages s'ha classificat com a xerorthents lítics o xerorthents típics. S'han obtingut les dades del sòl d'una analítica realitzada l'any 2010 a la mateixa unitat cartogràfica que la vall, a La Moleta (referència: AdCA-001), situada a uns 3 km de distància de la Vall d'en Bages, a la població d'Alfara de Carles. A partir d'aquí s'ha pogut determinar la quantitat de matèria orgànica al sòl (**Taula 9**).

Taula 9. Dades de quantitat de matèria orgànica d'una mostra de sòl (La Moleta).

Horitzó genètic	Matèria orgànica (%)
A	9,8
B_w	6,9

Font. ICGC, 2017.

Per obtenir el valor de quantitat de carboni present al sòl, s'ha de realitzar un factor de conversió, tenint en compte la quantitat de carboni que hi ha a la matèria orgànica (Azcarate, A. et. al., 2015):

$$\text{COS} = \frac{\text{MOS}}{1,72} \quad (16)$$

on COS és el Carboni Orgànic del Sòl i MOS, Matèria Orgànica del Sòl. Fent una mitjana del percentatge de matèria orgànica als dos horitzons i fent la conversió (14),

$$\text{COS} = \frac{8,35}{1,72} = 4,84\%$$

Aquest valor de COS és força elevat comparat amb la resta de sòls de Catalunya; es tracta d'un sòl que compta amb una alta proporció de carboni orgànic. Però, mitjançant un anàlisi de sensibilitat, s'ha pogut determinar que aquesta variable no és molt significativa en el valor dels resultats, ja que la diferència en nous valors de productivitat per altres valors de COS és menyspreable. Aleshores, prendrem com un valor de COS un 4,84%.

Respecte els valors de profunditat del sòl, aquests no es poden determinar mitjançant l'analítica anterior, ja que els valors de profunditat varien molt entre diferents zones i les eines amb les que hem realitzat el treball de camp no són suficients per poder mesurar la profunditat del sòl, perquè és superior a 50 cm (mida de la barra metàl·lica). Per tant, seguint la proposta de Carles Gràcia et. al. (2014), la profunditat és un valor que s'ha hagut de calibrar per profunditats majors de 50 cm.

Aquests valors de profunditat i pedregositat sí que han estat necessaris de modificar, obtenint finalment els valors mostrats a la **Taula 10**.

Taula 10. Dades edàfiques introduïdes al Gotilwa+.

COS (%)	4,84
Pedregositat del sòl (%)	70,5
Profunditat del sòl (m)	0,60

Introduint aquests valors, s'obté la taxa de producció de fusta i d'escorça per les zones de solana i les d'obaga (**Taula 11**):

Taula 11. Producció de fusta i escorça (t/ha/any) obtingudes amb simulacions per 25 anys.

Solana	Obaga
2,71	2,61

Aquests valors són superiors a la taxa de producció mitjana de la regió forestal. Tot i això, es troben dins del rang, pel que es poden acceptar els valors introduïts al model.

5.3. Captura de carboni

Com s'ha explicat a la metodologia, per calcular la capacitat d'embornal de carboni actual de la Vall d'en Bages s'ha de calcular la biomassa total que acumula la superfície forestal de la zona mitjançant les dades d'inventaris (veure les fitxes de camp a l'Annex II). La biomassa total es pot estimar amb la Biomassa Aèria Total (BAT) i la Biomassa Subterrània Total (BST). Aquests valors es poden obtenir amb el Gotilwa+ a partir de les distribucions de classes diametral. Els valors de BAT també es poden obtenir amb el càlcul de les equacions al·lomètriques descrites a la metodologia. Aquest càlcul permetrà contrastar els resultats obtinguts amb el Gotilwa+. Posteriorment, mitjançant les conversions de les equacions (3), (4) i (5) i coneixent les extensions de cada zona topogràfica de la vall, es podrà conèixer l'estoc de carboni i quantitat de CO₂ captada per obtenir aquest estoc.

5.3.1. Càlcul de la BAT amb les equacions al·lomètriques

Els resultats obtinguts de cada parcel·la són els que es mostren a la **Taula 12**:

Taula 12. Biomassa aèria total obtinguda a cada parcel·la expressada en t/ha.

Codi de parcel·la	BAT (t/ha)
1.1	87,51
1.2	67,98
1.3	67,63
2.1	110,8
2.2	92,09
2.3	84,26
3.1	116,5
3.2	128,5
3.3	171,9

La zona de solana inclou les parcel·les 1.1, 1.2 i 1.3; la zona d'obaga sense bancals, les parcel·les 2.1, 2.2 i 2.3; i la zona d'obaga amb bancals, les parcel·les 3.1, 3.2 i 3.3.

Aquests resultats segueixen en la tendència d'establir diferències entre les zones de solana i d'obaga de la vall, ja que de les parcel·les de les zones d'obaga amb bancals i obaga sense bancals s'han obtingut uns valors molt semblants entre sí i que divergeixen més del valor obtingut a la zona de solana. D'aquesta manera, podem presentar la BAT classificant-la en per aquestes dues zones topogràfiques (**Taula 13**).

Taula 13. Biomassa aèria total obtinguda a partir de les equacions al·lomètriques per zones topogràfiques expressada en t/ha.

Zona topogràfica	BAT (t/ha)
Solana	74,37
Obaga	117,3

5.3.2. Càlcul de la BAT amb el Gotilwa+

El Gotilwa+ també permet obtenir el valor de la BAT a través de les seves simulacions. Una vegada introduïdes les dades obtingudes de clima, densitat del bosc (per cada zona topogràfica) i edafologia, s'obtenen els resultats de la BAT (**Taula 14**) inicial:

Taula 14. Biomassa aèria total obtinguda a partir del Gotilwa+ per zones topogràfiques expressada en t/ha.

Zona topogràfica	BAT (t/ha)
Solana	75,95
Obaga	104,1

5.3.3. Comparació i discussió dels resultats de la BAT

Com es pot veure, els resultats obtinguts amb les equacions al·lomètriques i el model Gotilwa+ esdevenen força propers. Pel cas de les zones de solana, els valors aportats pel Gotilwa+ són un 2,12% majors. Però pel cas de les zones d'obaga, la situació s'inverteix i les diferències augmenten, de manera que les equacions al·lomètriques donen un valor un 12,72% major que el Gotilwa+.

Amb les equacions al·lomètriques es calculen les tones de biomassa aèria mitjançant el DBH de cada individu. Per contra, el Gotilwa+ no té aquesta informació de DBH de cada individu, sinó que s'hi introdueixen les dades de distribució de classes diametral. Per tant, es podria associar aquesta diferència a l'escassa precisió del criteri de selecció de dades del Gotilwa+. Tot i això, els valors obtinguts amb cada mètode són d'un ordre molt semblant i no es troben molt allunyats.

5.3.4. Càlcul de la biomassa total i de la fixació de CO₂

Una vegada vistes les diferències en el càlcul de biomasses, mitjançant el Gotilwa+ es calcula el valor de la biomassa subterrània (BST, és a dir, la biomassa de les arrels) per obtenir la biomassa total (**Taula 15**):

Taula 15. Valors de la Biomassa Aèria Total (BAT), Biomassa Subterrània Total (BST) i biomassa total per zones topogràfiques expressades en t/ha.

Zona topogràfica	BAT (t/ha)	BST (t/ha)	Biomassa total (t/ha)
Solana	75,95	18,69	94,64
Obaga	104,1	25,60	129,7

A partir d'aquest valor, es poden realitzar les conversions de les equacions (11), (12) i (13) per determinar la quantitat de CO₂ fixada (**Taula 16**).

Per la zona d'obaga,

$$129,7 \frac{\text{t}}{\text{ha}} \cdot 0,5 = 64,85 \frac{\text{t C}}{\text{ha}}$$

$$64850 \frac{\text{kg C}}{\text{ha}} \cdot 3,667 \frac{\text{kg CO}_2}{\text{kg C}} = 237,8 \frac{\text{t CO}_2}{\text{ha}}$$

Per la zona de solana,

$$94,64 \frac{\text{t}}{\text{ha}} \cdot 0,5 = 47,32 \frac{\text{t C}}{\text{ha}}$$

$$47320 \frac{\text{kg C}}{\text{ha}} \cdot 3,667 \frac{\text{kg CO}_2}{\text{kg C}} = 173,5 \frac{\text{t CO}_2}{\text{ha}}$$

Taula 16. Capacitat d'embornal de carboni i CO₂ fixat a cada zona topogràfica determinada amb el Gotilwa+.

Zona topogràfica	Superfície forestal (ha)	Estoc de carboni (t de C)	CO ₂ fixat (t de CO ₂)
Solana	226,9	10.737	62.924
Obaga	264,5	17.153	39.367
Vall d'en Bages	-	27.890	102.291

Com es veu, la zona d'obaga té un major estoc de carboni, ja que és una zona més productiva i ocupa una major extensió a la vall.

Aquest valor obtingut de la quantitat de CO₂ fixada a la vall és un valor aproximat del que realment s'hi ha fixat, ja que, com s'ha comprovat, els diferents mètodes de càlcul de la biomassa difereixen, tot i que els valors són comparables. Aquest valor ha estat obtingut només amb el model Gotilwa+, que pot ser dona uns valors lleugerament esbiaixats degut a què no té en compte el DBH exacte dels individus, sinó que els classifica en classes diametral. Aleshores, es té la idea de què la quantitat de carboni emmagatzemada a la Vall d'en Bages s'aproxima a 27.890 tones.

Aquest valor ha estat calculat en base a la biomassa total del pi blanc, però una part important de la biomassa del bosc mediterrani es compon pel sotabosc (Gràcia, C., 2010); a més a més, tot i que s'ha assumit que el pi blanc és l'espècie dominant a la Vall d'en Bages, la carrasca ha anat guanyant terreny a les zones de la obaga, pel que es podrien trobar masses mixtes de pi blanc i carrasca. Per tant, el pi blanc no ocupa tota l'extensió de la Vall d'en Bages.

5.4. Criteris de gestió forestal per a la maximització de la fixació de CO₂

Una vegada determinada la quantitat de carboni fixada a la massa forestal de l'àmbit d'estudi, s'establiran uns criteris de gestió que permetin maximitzar aquesta captura i fixació. Per fer-ho, es faran diverses simulacions introduint diferents ordres de gestió forestal per observar com evoluciona la massa forestal en els propers 100 anys. La variable que interessa observar és el balanç net ecosistèmic (BNE o NEE² per les seves sigles en anglès), que indica la capacitat d'una superfície forestal de captar carboni atmosfèric (Gràcia, C. et. al., 2014). Quan els valors

² Net Ecosystem Exchange.

d'aquesta variable són negatius, la massa forestal fixa carboni; quan aquests valors esdevenen positius, aleshores hi ha un balanç net d'emissió de CO₂ a l'atmosfera.

Els valors que s'introdueixen a les ordres de gestió es basen en els models de gestió de les ORGEST (Beltrán, M. et. al., 2011) per als boscos de pi blanc, de manera que es puguin descriure uns models de gestió forestal que siguin viables en la seva execució. Com que la qualitat d'estació determinada a l'inventari ha estat definida com a categoria B i es tracta d'una tipologia forestal arbrada de *Pinus halepensis* d'influència litoral, els models de les ORGEST que interessin són els Ph05, Ph06 i Ph07.

L'objectiu d'haver determinat aquests models de les ORGEST no és seguir aquests criteris de gestió per fer les simulacions, ja que els objectius que tenen aquests models de gestió forestal són l'augment de la resistència als incendis i la millora de la qualitat de la fusta de serra i comercial. Aquests objectius són diferents als del projecte, que són maximitzar la quantitat de CO₂ fixada en el creixement dels individus. Per tant, l'objectiu d'haver determinat aquests models és poder comparar els valors de les diferents ordres per tal de desenvolupar uns criteris de gestió forestal viables a la pràctica.

La massa forestal fixa el CO₂ quan es troba en creixement per incorporar el carboni als seus teixits. Aleshores, el que interessa és estimular la producció primària neta (PPN). Això ocorre quan els boscos són joves i estan creixent. En canvi, els boscos amb individus de classes diametral més grans capturen poc CO₂ degut a què ja no han de fixar carboni als teixits per créixer; de fet, aquests arbres majors poden ser emissors nets de CO₂ degut a la respiració o la descomposició de fulles o algunes branques. Per aquest motiu, les ordres que s'introduiran aniran encaminades a reduir la quantitat d'individus, mantenint la proporció en la distribució de classes diametral deixant una àrea basal màxima (m²/ha) i fer regeneracions, ja que els nous individus que creixin aniran fixant el CO₂. No obstant, degut a les tallades, l'estoc de carboni no augmentarà.

Les variables que s'hauran d'anar ajustant a les simulacions seran l'àrea basal a deixar en peu (àrea basal < 20 m²/ha), el període de rotació entre cada acció (10-15 anys) i la regeneració (de forma general, entre 200 i 3.000 individus). Un cop fetes les primeres simulacions, s'ha pogut observar com milloren els resultats de NEE (tornen més negatius) així com el període de rotació és menor, fins arribar a concretar que un període de rotació de 10 anys aporta millors resultats.

Els criteris de gestió forestal s'introdueixen mitjançant taules al Gotilwa+. La **Taula 17** és una taula model. A la columna "Tipus" s'hi introdueix el tipus de tallada (arbres, àrea basal, biomassa o volum de tija); és a dir, si s'hi introdueix "àrea basal", la columna "intensitat" prendrà valors en m²/ha; si s'hi introdueix "arbres", la columna "intensitat" prendrà valors de nombre d'arbres per hectàrea.

La columna "Aplicar a" fa referència a la classe d'arbres sobre els que es vol aplicar la gestió forestal. El Gotilwa+ dona tres possibilitats: actuar sobre els arbres menors (és a dir, de classes diametral baixes), actuar sobre els arbres majors (classes diametral grans) o sobre tots els arbres, mantenint la proporció en la distribució de les classes diametral.

Els "Valors" que s'hi introdueixen en la intensitat poden ser absoluts o relatius, és a dir, en percentatge. A la columna "Intensitat" s'hi introdueixen els valors de les tallades a realitzar. Per exemple, si la gestió s'aplica a l'àrea basal de tots els arbres marcant una intensitat de 15 (és a dir, 15 m²/ha), a la simulació que es durà a terme es tallaran 15 m²/ha. D'altra banda, si el que es pretén és que quedi una àrea basal de 15 m²/ha després de la tallada, el valor a introduir en

la “Intensitat” ha de ser -15. De la mateixa manera, si la intensitat pren valors de nombre d’arbres i es volen deixar 30 peus/ha, s’haurà de donar un valor de -30.

Pel que fa a la columna de “Regeneració”, els valors que s’hi introdueixen sempre tindran unitats de peus/ha. És la regeneració que es vol dur a terme a cada tallada.

5.4.1. Criteris de gestió forestal en la zona de solana

Partint de l’estructura forestal que s’ha determinat per solana a partir dels inventaris, s’ha realitzat una primera simulació (**Simulació 1**) introduint els criteris de gestió forestal de la **Taula 17**. Les tallades es realitzaran deixant una àrea basal de 20 m²/ha cada 10 anys pel període de 100 anys i es faran regeneracions de 500 peus/ha a cada tallada. Aquestes tallades es realitzaran afectant a tots els arbres (mantenint la distribució de les classes diametral):

Taula 17. Criteris de gestió forestal introduïts al Gotilwa+ a la Simulació 1 de solana.

Tipus	Aplicar a	Valors	Intensitat	Regeneració (peus/ha)
Àrea basal	Mantenir CD	Absoluts	-20	500

La **Figura 24** mostra l’evolució del NEE a la zona de solana segons els criteris de la **Taula 17**, comparant aquesta situació amb una situació en què no hi ha gestió:

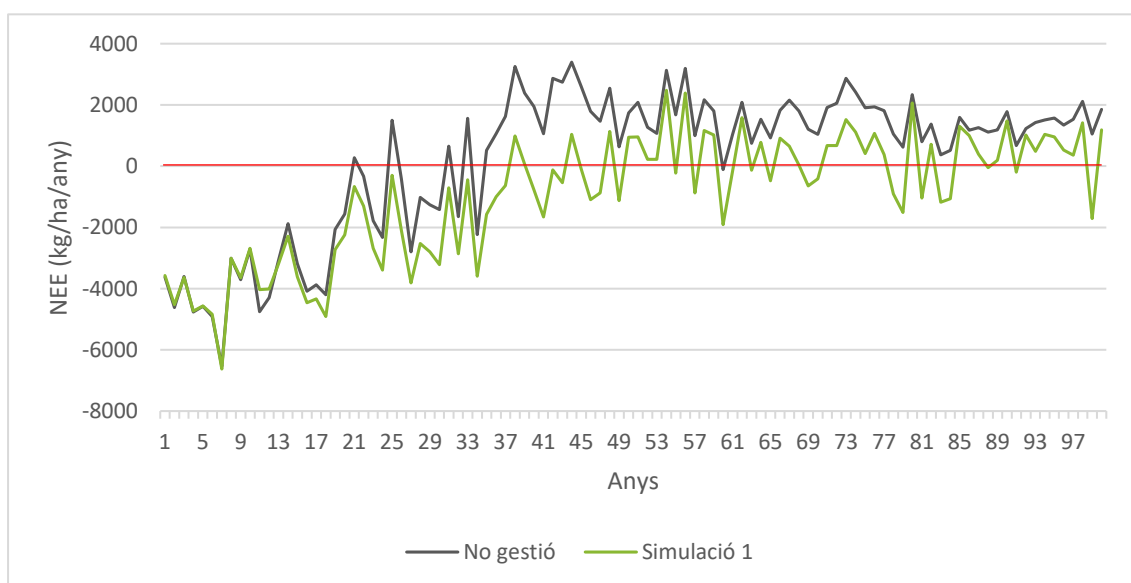


Figura 24. Evolució del NEE amb la Simulació 1 i la no gestió a solana.

Com es veu, tot i que al final del període la massa forestal és generalment emissora de CO₂, els valors de NEE són més baixos (és a dir, s’emet menys CO₂) respecte l’escenari sense gestió. La mitjana de carboni que es captura en aquesta situació és de 935,55 kg/ha/any (és a dir, la mitjana del NEE és -935,55 kg/ha/any), mentre que per quan no hi ha gestió, NEE = 213,56 kg/ha/any, és a dir, que hi ha emissió neta de CO₂.

Per saber com evolucionaria el NEE si es deixa una àrea basal més petita (10 m²/ha), es fa una segona simulació (**Simulació 2**) i es compara amb la primera (**Taula 18** i **Figura 25**).

Taula 18. Criteris de gestió forestal introduïts al Gotilwa+ a la Simulació 2 de solana.

Tipus	Aplicar a	Valors	Intensitat	Regeneració (peus/ha)
Àrea basal	Mantenir CD	Absoluts	-10	500

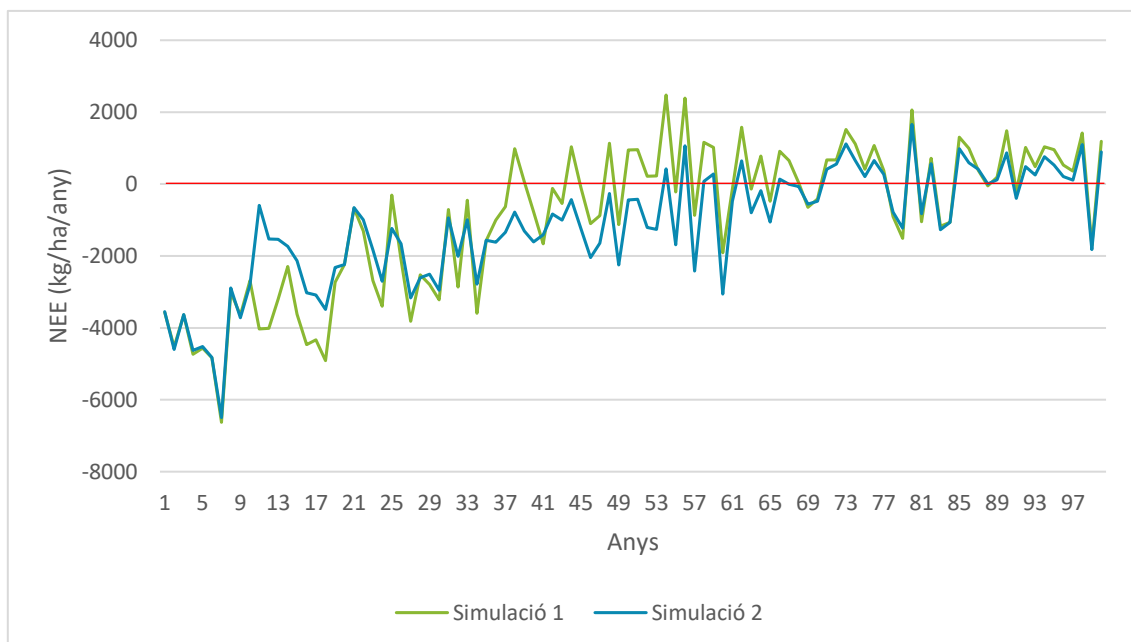


Figura 25. Evolució del NEE amb la Simulació 1 i la Simulació 2 a solana.

Com es veu a la **Figura 25**, els valors de NEE milloren quan es deixa una àrea basal menor, obtenint un valor mitjà de NEE = -1151,30 kg/ha/any. Amb això, se sap que tallant per deixar una menor àrea basal milloren els resultats anuals.

Una vegada fetes aquestes dues simulacions amb 500 regeneracions a cada any d'actuació, es pot determinar si els valors de NEE es tornen majors o menors amb més o menys regeneracions. Aleshores, a la **Simulació 3** es provarà de fer 1000 regeneracions cada 10 anys i es compararà amb la **Simulació 2** (**Figura 26**):

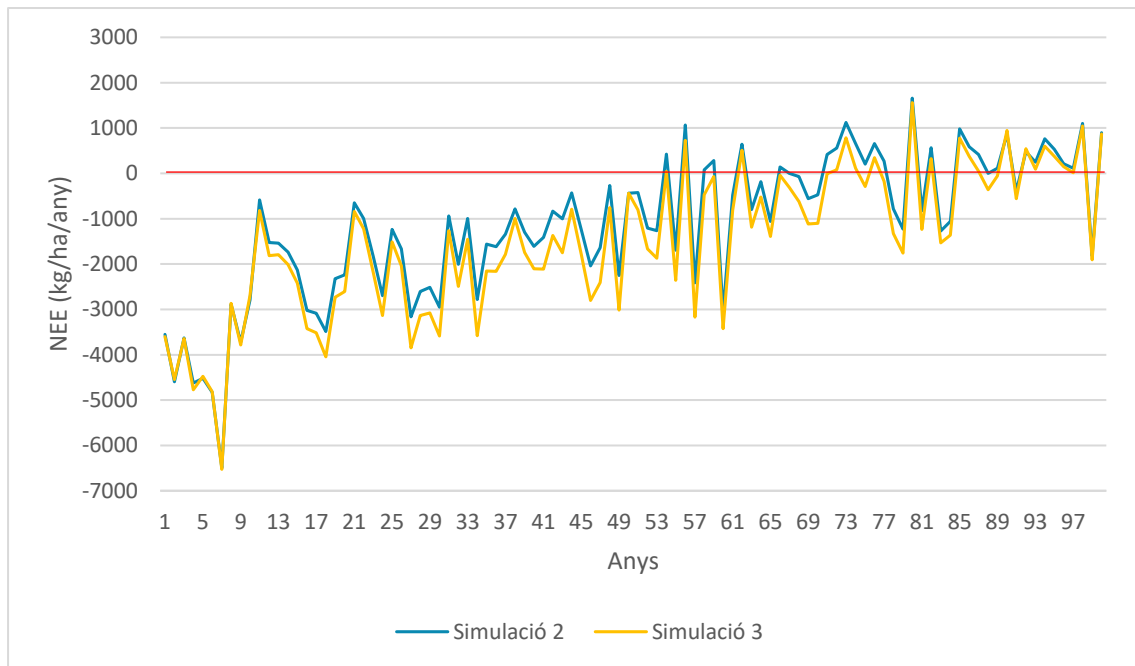


Figura 26. Evolució del NEE amb la Simulació 2 i la Simulació 3 a solana.

Com es pot comprovar amb la **Figura 26**, els valors de NEE es tornen més negatius amb la **Simulació 3**, en què s'ha proposat una regeneració major, de 1000 peus/ha, on el valor mitjà de NEE és de -1496,13 kg/ha/any. Altres simulacions realitzades amb valors majors de regeneracions mostren mortalitat per competència entre els individus, pel que aquest valor de 1000 peus/ha s'adapta als nostres objectius. És a dir, els resultats no milloren amb valors més alts de regeneracions, sinó amb un valor mig.

Per a aquest cas concret de l'estructura forestal de la Vall d'en Bages, s'observa que hi ha mortalitat difusa dels individus cap al final del període. Això s'ha vist a les simulacions realitzades. Per tant, es realitza la **Simulació 4** per determinar si fer més regeneracions pels períodes en què hi ha mortalitat difusa ajuda a estabilitzar els valors de NEE. A la **Simulació 4** es faran regeneracions de 1000 peus/ha fins l'any 50; a partir de l'any 60 es faran regeneracions de 1500 peus/ha (**Figura 27**):

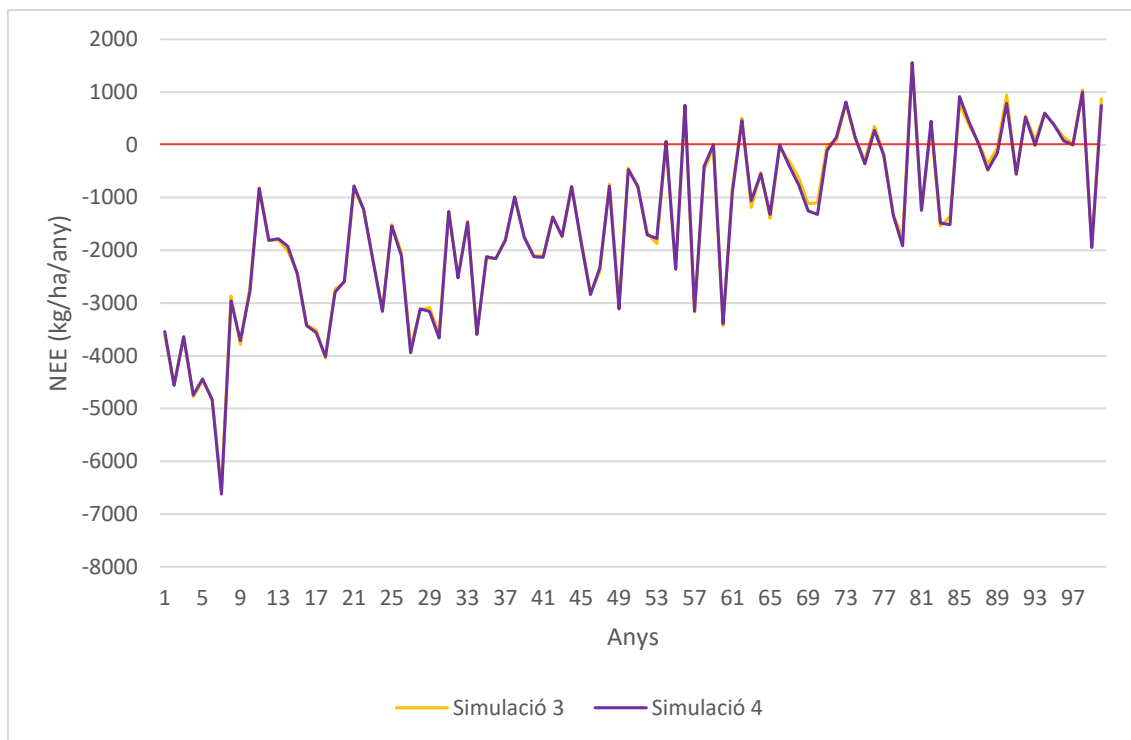


Figura 27. Evolució del NEE amb la Simulació 3 i la Simulació 4 a solana.

Tot i que el valor mitjà del NEE és superior en la **Simulació 4** ($NEE = -1513, 12 \text{ kg/ha/any}$), els resultats no varien gaire entre les dues simulacions. S'hauria de determinar quin és l'esforç d'una major regeneració per decidir si dur a terme aquestes mesures.

Degut a les regeneracions, els primers anys hi haurà molts individus de classes diametral baixes. Però aquests aniran creixent amb el temps, de manera que les classes diametral més altes començaran a tenir cada vegada més individus (tot i que no tots els plançons dels primers anys arribaran a ocupar les classes diametral més altes degut a les tallades que s'ordenen en la gestió forestal). Aleshores, quan hagin passat uns anys en què els plançons hagin tingut temps de créixer, es podrà veure què passaria si s'eliminessin alguns d'aquests arbres grans (**Simulació 5**) ja que, com s'ha comentat anteriorment, el que interessa és mantenir un bosc jove. S'introduiran les ordres de la **Taula 19** per veure l'evolució de la **Simulació 5** (**Figura 28**).

Taula 19. Criteris de gestió forestal introduïts al Gotilwa+ a la Simulació 5 de solana.

Any	Tipus	Aplicar a	Valors	Intensitat	Regeneració (peus/ha)
10	Àrea basal	Mantenir CD	Absoluts	-10	1000
20	Àrea basal	Mantenir CD	Absoluts	-10	1000
30	Àrea basal	Mantenir CD	Absoluts	-10	1000
40	Àrea basal	Mantenir CD	Absoluts	-10	1000
50	Àrea basal	Mantenir CD	Absoluts	-10	1000
60	Àrea basal	Mantenir CD	Absoluts	-10	1500
61	Àrea basal	Arbres majors	Relatius	50	-
70	Àrea basal	Mantenir CD	Absoluts	-10	1500
80	Àrea basal	Mantenir CD	Absoluts	-10	1500
81	Àrea basal	Arbres majors	Relatius	50	-
90	Àrea basal	Mantenir CD	Absoluts	-10	1500

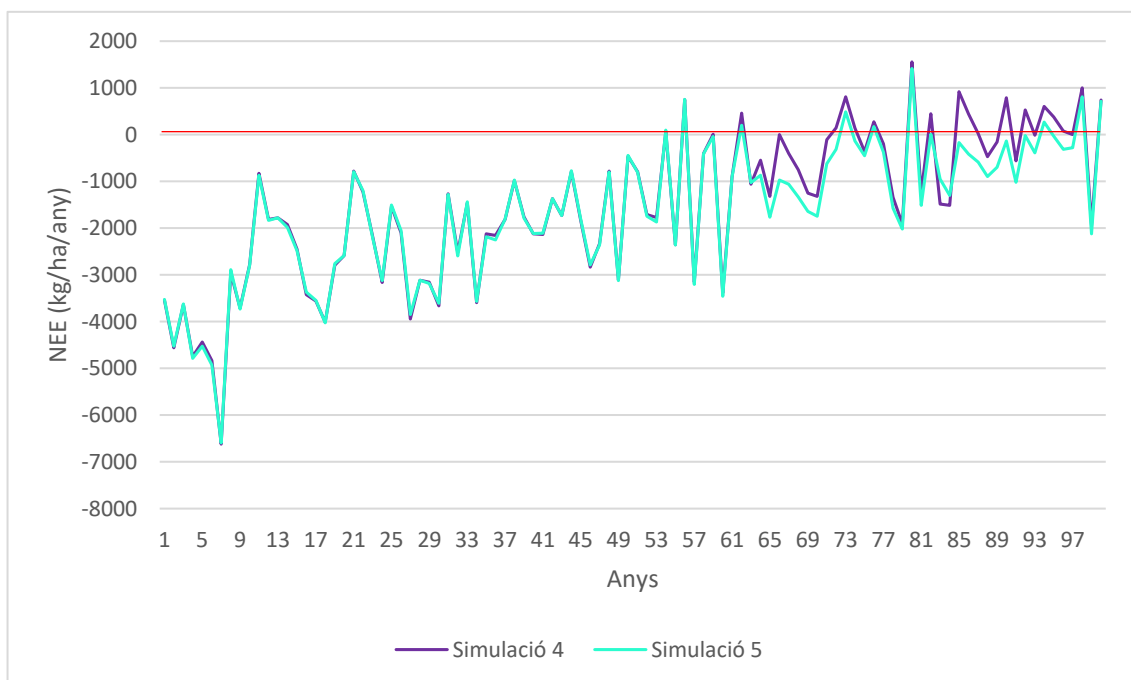


Figura 28. Evolució del NEE amb la Simulació 4 i la Simulació 5 a solana.

Com es veu a la **Figura 28**, aquesta nova mesura aplicada a la **Simulació 5** va estabilitzant els valors del NEE per sota de 0 pels darrers anys del període. Amb aquesta darrera simulació, el valor de NEE mitjà és de -1656,58 kg/ha/any. Fent una sisena simulació (**Simulació 6**), es pot saber si, augmentant la intensitat en l'aclarida d'arbres majors, baixen els valors de NEE (**Taula 20 i Figura 29**):

Taula 20. Criteris de gestió forestal introduïts al Gotilwa+ a la Simulació 6 de solana.

Any	Tipus	Aplicar a	Valors	Intensitat	Regeneració (peus/ha)
10	Àrea basal	Mantenir CD	Absoluts	-10	1000
20	Àrea basal	Mantenir CD	Absoluts	-10	1000
30	Àrea basal	Mantenir CD	Absoluts	-10	1000
40	Àrea basal	Mantenir CD	Absoluts	-10	1000
50	Àrea basal	Mantenir CD	Absoluts	-10	1000
60	Àrea basal	Mantenir CD	Absoluts	-10	1500
61	Àrea basal	Arbres majors	Relatius	60	-
70	Àrea basal	Mantenir CD	Absoluts	-10	1500
80	Àrea basal	Mantenir CD	Absoluts	-10	1500
81	Àrea basal	Arbres majors	Relatius	60	-
90	Àrea basal	Mantenir CD	Absoluts	-10	1500

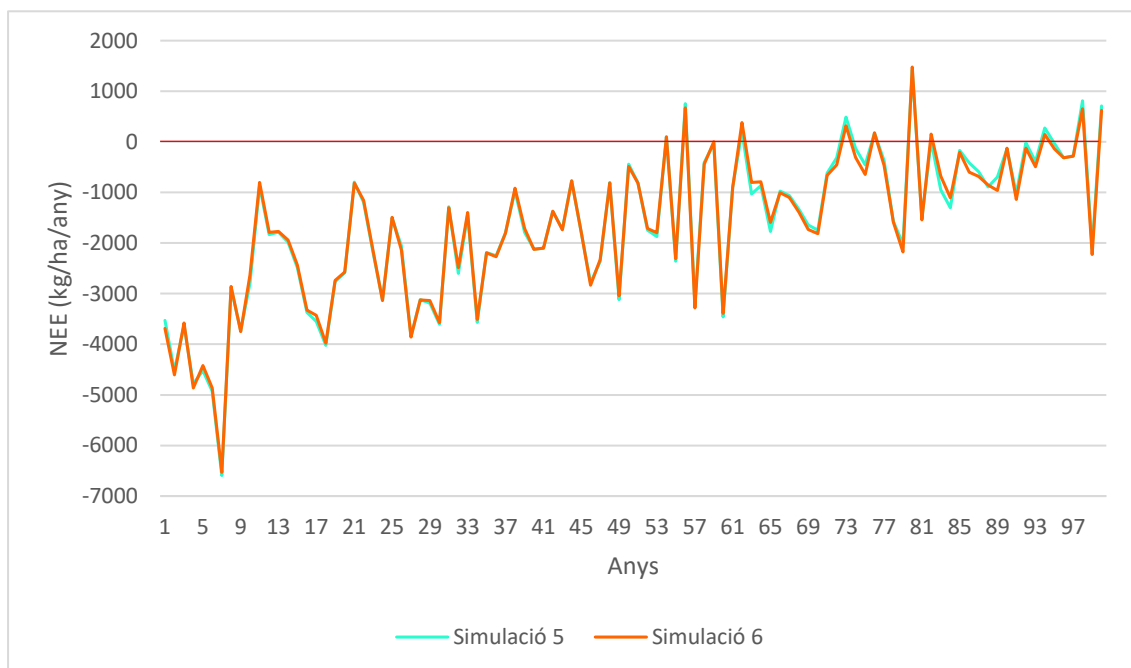


Figura 29. Evolució del NEE amb la Simulació 5 i la Simulació 6 a solana.

Els valors de la NEE es tornen més negatius, amb una mitjana de -1661,24 kg/ha/any. La diferència entre els valors de NEE de les simulacions 5 i 6 és mínima, i en aquest cas concret pot ser no interessaria dedicar-hi majors esforços, però aquesta comparació permet determinar que la NEE es torna més negativa a valors majors en la intensitat d'aclarida d'arbres grans.

A les dues darreres simulacions (**Simulació 5** i **Simulació 6**) no s'han tallat tots els arbres grans, sinó que s'han deixat entre un 50% i un 40% d'ells en peu. Això és important per a mantenir la biodiversitat, ja que hi ha espècies que podrien desaparèixer si no es mantenen un mínim d'arbres majors en peu.

5.4.2. Criteris de gestió forestal en la zona d'obaga

Per la zona d'obaga, les simulacions que es duran a terme es realitzaran amb el mateix criteri emprat en la zona de solana, ja que l'interès és el mateix: estimular la PPN mantenint el bosc jove. La zona d'obaga comença essent ja un embornal de carboni, ja que dominen els individus de classes diametral baixes (**Figura 21**). Aleshores, en un model sense gestió (**Figura 30**), el valor mitjà de NEE és de -113,96 kg/ha/any.

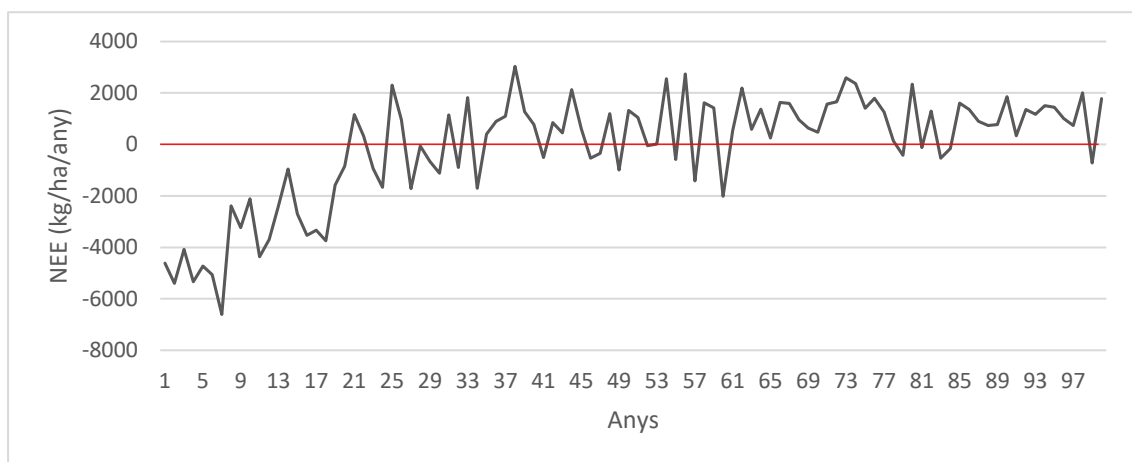


Figura 30. Evolució del NEE a la zona d'obaga sense gestió.

Com mostra la **Figura 30**, els valors de NEE s'acaben estabilitzant entre els -1000 kg/ha/any i els 2000 kg/ha/any, amb uns resultats generalment positius des de l'any 20. En una primera simulació (**Simulació 1**), s'introdueixen els criteris de la **Taula 21**, tractant de mantenir un àrea basal de 10 m²/ha (fent tallades afectant a tots els arbres) cada 10 anys i fent regeneracions de 1000 peus/ha a cada tallada. Com es veu, aquesta **Simulació 1** pren els valors que s'han trobat òptims per a la gestió forestal en la solana, ja que tant les zones de solana com les d'obaga són de qualitat d'estació B.

Taula 21. Criteris de gestió forestal introduïts al Gotilwa+ a la Simulació 1 d'obaga.

Tipus	Aplicar a	Valors	Intensitat	Regeneració (peus/ha)
Àrea basal	Mantenir CD	Absoluts	-10	1000

La **Figura 31** mostra com varien els valors de NEE al llarg del període amb les ordres de gestió de la **Taula 21**. Aquests valors esdevenen més negatius per tot el període, trobant-se per sota de zero fins, aproximadament, l'any 80. El valor mitjà de NEE en aquesta simulació és -1414,73 kg/ha/any.

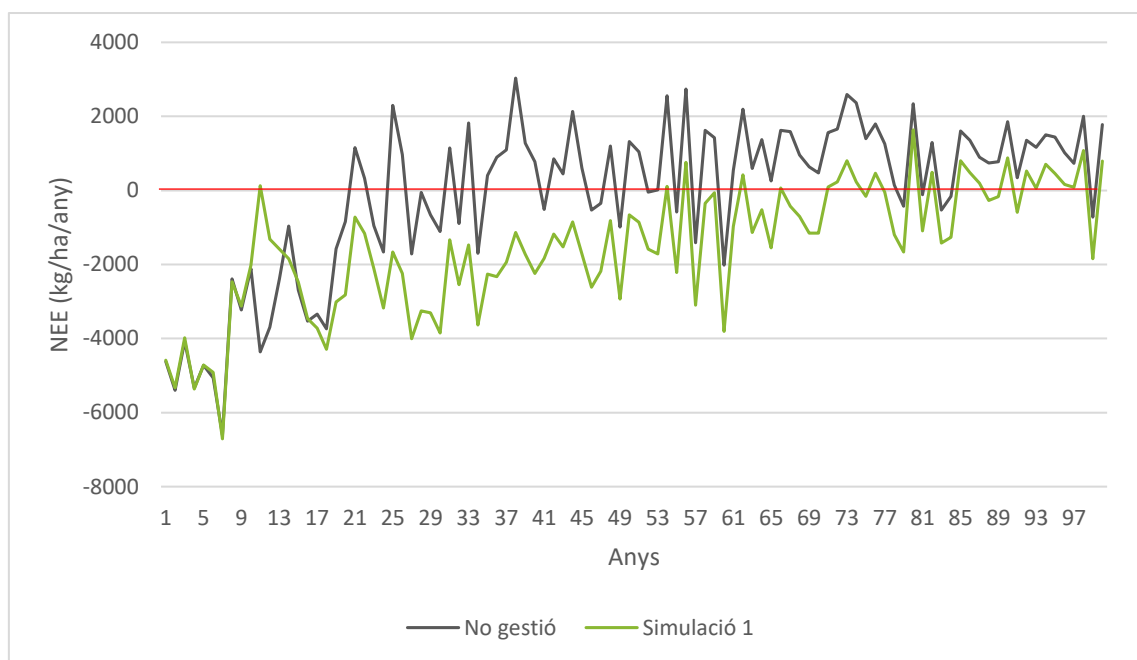


Figura 31. Evolució del NEE a la zona d' obaga sense gestió i amb la Simulació 1.

Per reduir els valors de NEE, es pot fer una aclarida als arbres majors (com es proposa a la **Taula 19** i la **Taula 20** de la zona de solana). La **Taula 22** mostra els valors introduïts a la **Simulació 2** i l'any en què es duen a terme les tallades dels arbres majors:

Taula 22. Criteris de gestió forestal introduïts al Gotilwa+ a la Simulació 2 d'obaga.

Any	Tipus	Aplicar a	Valors	Intensitat	Regeneració (peus/ha)
10	Àrea basal	Mantenir CD	Absoluts	-10	1000
20	Àrea basal	Mantenir CD	Absoluts	-10	1000
30	Àrea basal	Mantenir CD	Absoluts	-10	1000
40	Àrea basal	Mantenir CD	Absoluts	-10	1000
50	Àrea basal	Mantenir CD	Absoluts	-10	1000
60	Àrea basal	Mantenir CD	Absoluts	-10	1500
61	Àrea basal	Arbres majors	Relatius	50	-
70	Àrea basal	Mantenir CD	Absoluts	-10	1500
80	Àrea basal	Mantenir CD	Absoluts	-10	1500
81	Àrea basal	Arbres majors	Relatius	50	-
90	Àrea basal	Mantenir CD	Absoluts	-10	1500

A la **Figura 32** es veu com aquestes noves ordres estableixen els valors de la NEE per sota de zero als darrers anys del període, obtenint un valor mitjà de NEE = -1628,53 kg/ha/any.

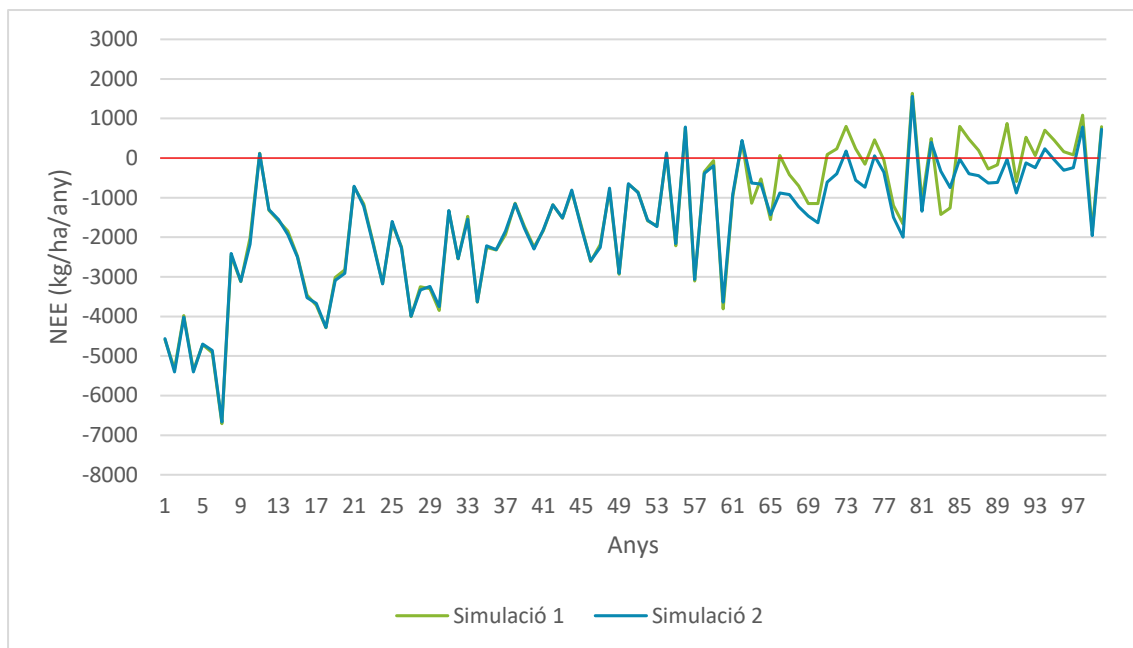


Figura 32. Evolució del NEE a la zona d'obaga a la Simulació 1 i la Simulació 2.

Un darrer aspecte a comprovar, com ja s'ha fet pel cas de la solana, és verificar que, mitjançant majors regeneracions al final del període, s'aconsegueixen valors més negatius de NEE (en el cas de la obaga també s'observa mortalitat difusa). La **Figura 33** mostra l'evolució del NEE per la **Simulació 3** (comparant amb la **Simulació 2**), en què s'han introduït els criteris de la **Taula 19** per controlar la mortalitat difusa:

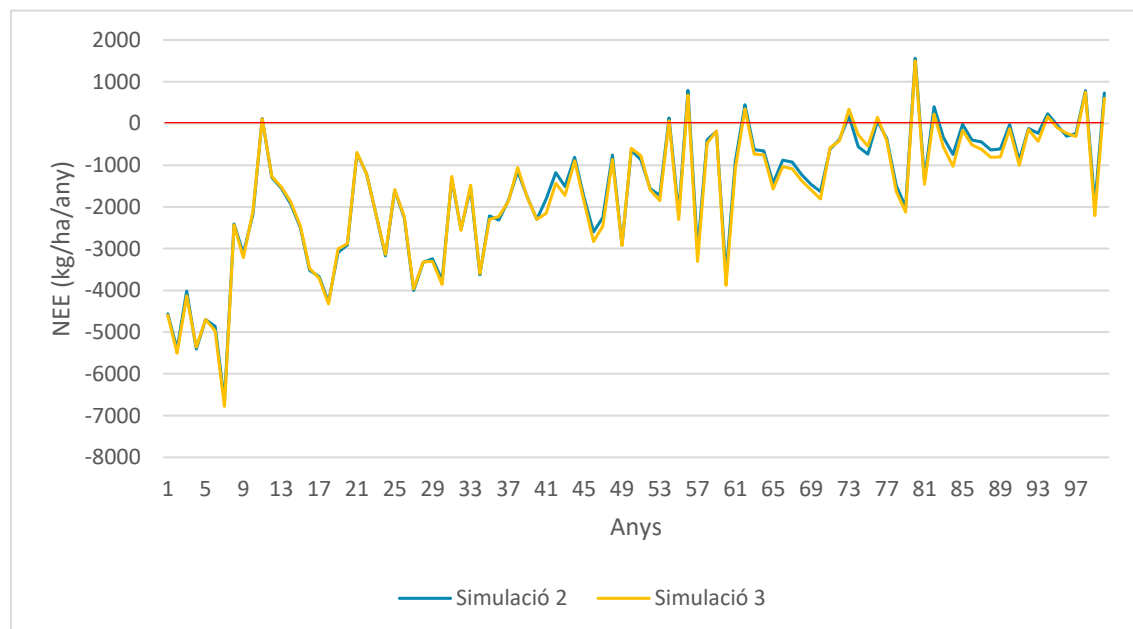


Figura 33. Evolució del NEE a la zona d'obaga a la Simulació 2 i la Simulació 3.

Els valors de NEE esdevenen més negatius, tot i que la diferència és bastant petita. El valor mitjà de NEE per a la **Simulació 3** és de -1689,88 kg/ha/any.

5.4.3. Criteris generals de gestió forestal per a maximitzar la captura i fixació de CO₂

Els criteris de gestió forestal depenen de la situació concreta de cada bosc, segons les seves condicions ambientals i la distribució de classes diametral. De manera general, quan l'objectiu és maximitzar la captura i fixació de CO₂, els criteris de gestió forestal han d'anar enfocats al manteniment d'un bosc jove, realitzant tallades per mantenir una àrea basal petita, fent regeneracions a cada tallada i establint uns períodes de rotació generalment baixos entre cada tallada. També s'han de controlar els arbres de les classes diametral majors, eliminant-ne fins al 60% de la massa d'arbres majors, si escau. Aquests són els valors obtinguts pels models de les ORGEST (per boscos de *Pinus halepensis* d'influència litoral amb qualitat d'estació B) i que, mitjançant diverses simulacions, s'ha comprovat que permeten millorar la captura i fixació de CO₂. Els resultats d'aquestes aplicacions a les zones de solana i obaga es mostren a la **Figura 34** i a la **Figura 35**, respectivament:

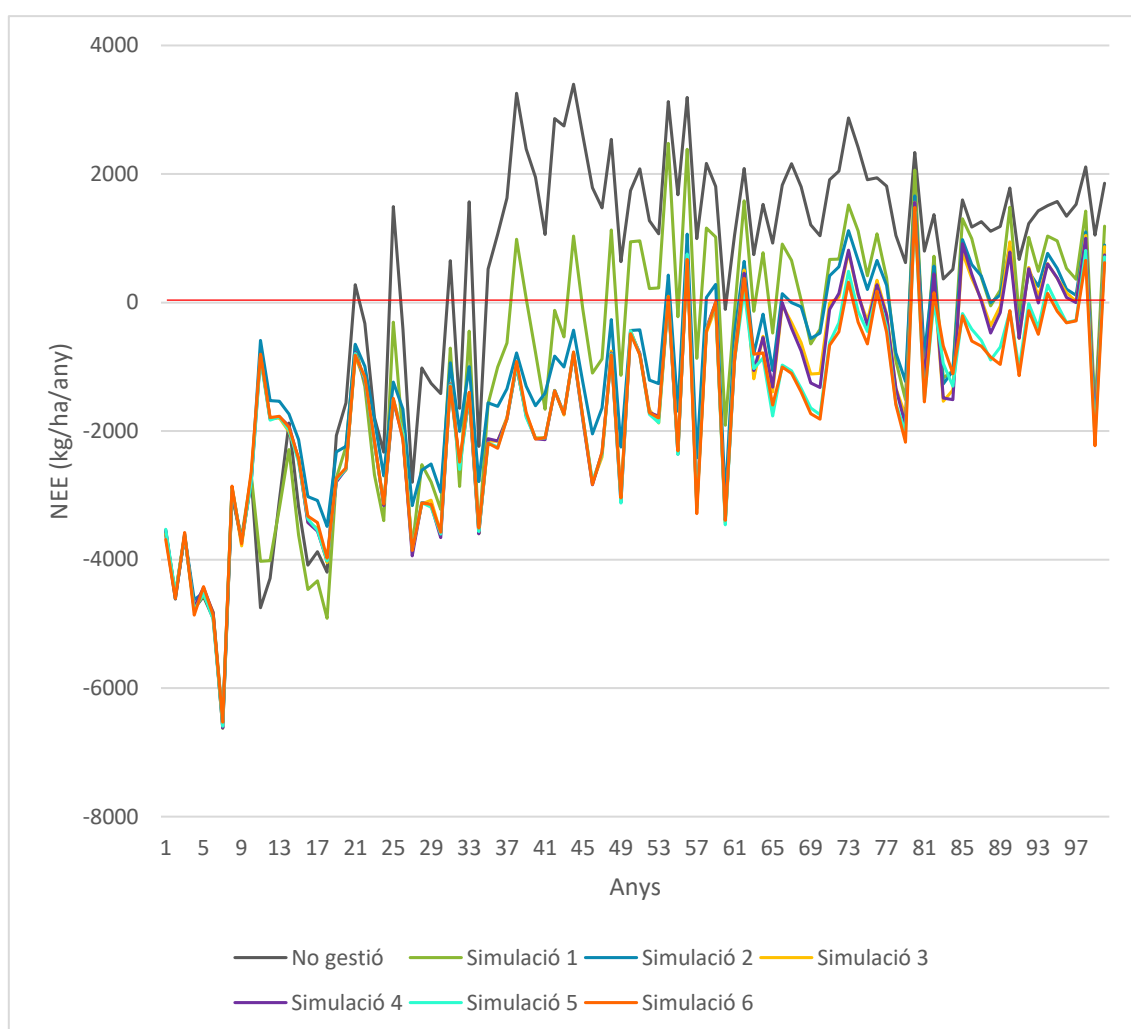


Figura 34. Evolució del NEE per les diferents simulacions a la zona de solana.

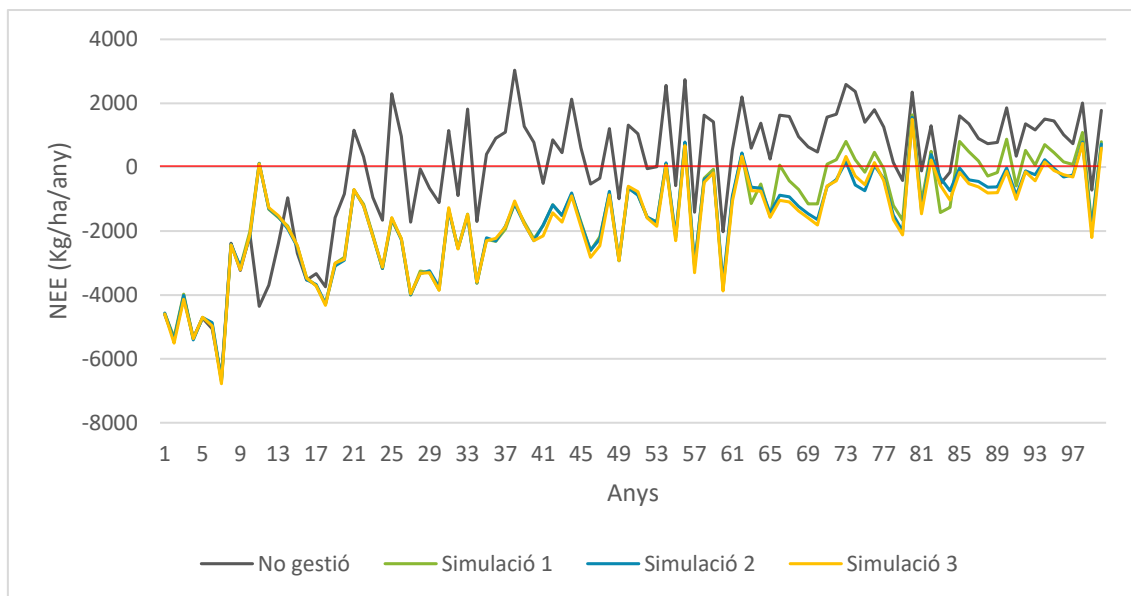


Figura 35. Evolució del NEE per les diferents simulacions a la zona d'obaga.

Els resultats obtinguts per cada zona topogràfica són molt semblants ($NEE_{solana} = -1661,24$ kg/ha/any i $NEE_{obaga} = -1689,88$ kg/ha/any) havent introduït els mateixos criteris de gestió. Això vol dir que la zona de solana captarà 1,66 t/ha/any de carboni i la zona d'obaga, 1,69 t/ha/any. Tenint en compte l'extensió de cada zona topogràfica i que s'ha estudiat per un període de 100 anys, la zona de solana pot arribar a captar 37.693 t de carboni (fixant 138.222 tones de CO_2) des del moment en què s'inicia la gestió i la zona d'obaga, 44.697 t de carboni (fixant 163.905 tones de CO_2). Aleshores, el conjunt de la Vall d'en Bages seria capaç de fixar 302.127 tones de CO_2 al llarg dels 100 anys amb aquests criteris de gestió proposats. Aquest valor és equivalent a les emissions de CO_2 de 40 milions de cotxes (400.000 cotxes/any) pel tram de l'autopista AP-7 que travessa la Reserva de la Biosfera Terres de l'Ebre (Guia de càlcul d'emissions de gasos amb efecte d'hivernacle, 2018) (segons les dades del Ministerio de Fomento - Red de Carreteras del Estado la freqüència habitual d'aquest tram no supera els 250.000 vehicles anuals).

Els valors de NEE esdevenen més negatius així com més petita sigui l'àrea basal, amb uns valors mitjans de regeneració i per períodes de rotació més curts. També és important controlar que no es mantinguin molts arbres de les classes diametralment altes. Aquests valors seran diferents per cada massa forestal, i es poden concretar en cada cas amb les indicacions de les ORGEST.

Tot i això, les simulacions realitzades amb el model no tenen en compte cap escenari de canvi climàtic, que tindrà efectes sobre el desenvolupament de les masses forestals (Gràcia, C. et. al., 2014). Per aquest motiu, els resultats acabats d'esmentar es poden veure afectats.

Però aquests criteris de gestió forestal tenen com a objectiu principal la millora de la fixació del CO_2 , sense tenir en compte els altres criteris com la prevenció d'incendis. En aquests criteris de gestió proposats sí que s'ha tingut en compte la conservació de la biodiversitat, ja que per fer-ho, és important mantenir alguns arbres majors en peu, tot i que puguin ser minoritaris i inclús estar morts. Per això, en les simulacions realitzades s'ha deixat entorn d'un 50% dels arbres majors. El major conflicte d'aquests models de gestió proposats per a l'increment de la captura i fixació del CO_2 es troba amb la prevenció d'incendis. Les gestions forestals que tenen com a objectiu l'augment de la resistència al foc es dediquen a eliminar els arbres menors i el sotabosc perquè no puguin actuar com a combustible en un incendi i es deixen els arbres majors, estructurant la massa de tal manera que la llum solar tingui poca incidència en el terreny.

Una possible solució seria veure la gestió a nivell del paisatge, més enllà del bosc. En un paisatge es pot donar una gestió multifuncional que permeti desenvolupar les diferents gestions. En aquest escenari, es tractaria de determinar en quins llocs és més necessària la prevenció d'incendis i quines àrees es poden gestionar per a què siguin embornals de carboni, de manera que a nivell de paisatge si que pugui esdevenir embornal de carboni sense entrar en competència amb els altres objectius de gestió forestal.

També s'ha de tenir present que en aquest projecte no s'han considerat les emissions associades a la gestió per falta d'informació i experiència dins d'aquest àmbit. Això és important perquè en un dels possibles escenaris, la gestió podria emetre una quantitat de diòxid de carboni que fes que el balanç final (20) fos positiu, i per tant, s'acabés emetent més CO₂ del que el bosc capta.

$$\text{Balanç final} = \text{CO}_2 \text{ emès per la gestió forestal} - \text{CO}_2 \text{ fixat pel bosc} \quad (17)$$

Per a poder calcular la quantitat de CO₂ que es desprèn durant la gestió forestal s'hauria de tenir en compte quant de CO₂ s'emet per tallar, processar i transportar la fusta. Això implica conèixer la maquinària que es necessita (motoserres per a fer les aclarides, *skidders* per a transportar els troncs fins als camions, entre d'altres) i el consum que té cada aparell, de la mateixa manera que el temps que ha de ser utilitzada i, en el cas que la seva funció sigui de transport, quina distància ha de recórrer. També s'ha de tenir en compte si les màquines necessàries requereixen tenir pistes obertes per endinsar-se un mínim al bosc, i per tant, quantificar el CO₂ que emetria la maquinària que obre pistes (Azcárate, A. et. al., 2015).

5.4.4. Destí dels productes de la gestió forestal

El pi blanc no és una espècie que se solgui explotar per a l'ús comercial de la seva fusta, ja que no és de tan bona qualitat com la fusta que es pot extreure de les altres espècies d'arbres (Mauri, A. et. al., 2016). Tot i això, sí que se li han trobat alguns usos en zones mediterrànies, ja que és una espècie molt estesa en aquests ambients. Entre d'altres, es prenen com a destí la producció de paper o l'ús de la seva biomassa com a combustible.

L'ús de la biomassa com a combustible està creixent cada vegada més (Diputació de Barcelona, 2014). Com que la gestió proposada per la Vall d'en Bages no té com a objectiu aconseguir fusta de qualitat, els productes resultats de les tallades es podrien dedicar a la crema com a font d'energia. D'entrada, aquesta proposta podria semblar contraproduent, ja que el CO₂ captat pel bosc de pi blanc retorna a l'atmosfera. Ara bé, aquest ús de la biomassa extreta també presenta una sèrie d'avantatges (Diputació de Barcelona, 2014). D'una banda, la biomassa és una font d'energia renovable i el seu ús representa un balanç quasi neutre en l'emissió de CO₂. Fent servir la biomassa com a font d'energia s'evita l'ús dels combustibles fòssils, l'impacte d'extracció dels quals és més costós tant econòmicament com ambientalment (a més d'ésser fonts d'energia no renovables). La Diputació de Barcelona afirma que la producció d'energia a partir de la biomassa genera més llocs de treball per unitat d'energia que amb la producció d'energia amb els combustibles fòssils. A més a més, l'ús de la biomassa com a combustible té el punt a favor de què es redueix la dependència energètica exterior. Per tant, amb la biomassa extreta de les tallades es pot produir estella, que són petits fragments de fusta emprats com a combustibles.

Per evitar al màxim l'emissió de CO₂, l'estella s'hauria de distribuir al municipi de Paüls i voltants, reduint el màxim possible el transport del producte (Diputació de Barcelona, 2016). L'objectiu de tot això és aconseguir una producció energètica que presenti menys emissions de CO₂ (en tones equivalents) que la producció energètica a partir dels combustibles fòssils.

A photograph of a forest scene. In the foreground, a large, gnarled tree trunk lies horizontally across the frame, partially covered by green foliage. Behind it, several tall, slender trees with dense green canopies stand against a bright sky. The overall atmosphere is natural and serene.

6. Conclusions

La capacitat d'embornal de carboni del bosc de pi blanc de la Vall d'en Bages és de **27.890 tones de carboni**. La zona d'obaga té fixats 17.152 tones de carboni, mentre que la zona de solana, 10.737 tones de carboni. La obaga fixa una quantitat major degut a què és una zona més productiva i més extensa. Aquest valor obtingut és una aproximació, ja que no tota la superfície forestal és ocupada pel pi blanc, sinó que hi ha altres espècies, com la carrasca, que van guanyant terreny. A més hi ha poden haver-hi petits errors de càlcul per les aproximacions del Göttilwa+.

Els criteris de gestió forestal que pretenen augmentar la fixació del CO₂ s'han d'encaminar al manteniment d'un bosc jove. Seguint aquesta directriu, els criteris de gestió que es proposen per la Vall d'en Bages són els següents:

- Deixar una àrea basal de 10 m²/ha. De forma general, la captura del carboni augmenta deixant una **àrea basal petita** a cada tallada per permetre el creixement dels plançons.
- **Dur a terme regeneracions a l'hora que es realitzen les tallades.** Per la Vall d'en Bages, fer una regeneració de 1000 peus/ha a cada tallada. Un valor mitjà en la regeneració ajuda a augmentar la captura del carboni: donant valors baixos es podria no aprofitar tota la capacitat d'embornal de carboni que hi podria haver amb més regeneracions, mentre que donant valors molt alts pot donar lloc a episodis de mortalitat.
- Realitzar períodes de rotació cada 10 anys. **Períodes de menor temps** afavoreixen la fixació del carboni.
- **Realitzar tallades pels arbres majors quan les classes diametral més grans** comencen a augmentar el nombre d'individus. Pel cas concret de la Vall d'en Bages, s'han donat valors de tallades del 50% i 60% dels arbres majors.

Aquests criteris de gestió s'han dut a terme tant per les zones d'obaga com per les de solana, obtenint uns resultats molt semblants ($NEE_{obaga} = -1689,88$ kg/ha/any i $NEE_{solana} = -1661,24$ kg/ha/any). Això suposa una fixació de 302.127 tones de CO₂ a la Vall d'en Bages durant 100 anys; això equival a les emissions de CO₂ de 40 milions de cotxes en recórrer el tram de l'autopista AP-7 que travessa la Reserva de la Biosfera Terres de l'Ebre (60 km). El fet de no tenir en compte els possibles escenaris de canvi climàtic pot fer que aquests resultats acabin essent diferents a la pràctica a llarg termini.

Aquest model de gestió entra en conflicte amb altres objectius, com la prevenció d'incendis o la millora de la biodiversitat. Per poder aconseguir un sistema multifuncional, s'ha de parlar de gestió a nivell de paisatge, desenvolupant gestions de prevenció d'incendis a aquelles zones més vulnerables i tractant altres zones com a embornals de carboni.

Conèixer com es realitzaran les obres de gestió forestal és important per determinar si el balanç final de CO₂ seguirà essent negatiu (captura) o, per contra, hi haurà majors emissions que si no hi hagués gestió.

La biomassa obtinguda a les tallades es pot destinar a la producció d'estella, com a alternativa als combustibles fòssils essent una font d'energia renovable, donant lloc a un balanç final de CO₂ quasi net.

A scenic view of a mountain valley. In the foreground, a large, dark pine tree trunk and its branches are visible on the right side. The background shows a valley with green and brown slopes under a clear blue sky. The text "7. Propostes de millora" is overlaid in white at the bottom.

7. Propostes de millora

A partir de les discussions i les conclusions obtingudes dels resultats, es fan una sèrie de propostes de millora amb l'objectiu de millorar aquelles limitacions del projecte i obtenir uns resultats més acurats o que puguin tenir en compte aspectes que s'hagin obviat durant aquest treball.

Les propostes de millora segueixen tres línies estratègiques, encaminades en la millora de la gestió forestal, el tractament de la fusta resultant en la gestió forestal i la millora de futurs projectes.

La **Taula 23** mostra de forma resumida i jerarquitzada les propostes de millora en les tres principals línies estratègiques que consten de diferents accions concretes:

Taula 23. Taula resum de les propostes de millora del projecte.

LÍNIA ESTRATÈGICA	ACCIÓ
Millora de futurs projectes	Calcular les emissions de CO ₂ que s'emeten durant les obres de gestió forestal (Fitxa 1).
	Conèixer la distribució de les espècies més abundants (Fitxa 2).
	Conèixer les gestions forestals que es desenvolupen a la zona de solana (Fitxa 3).
	Modelització de diversos escenaris de canvi climàtic possibles (Fitxa 4).
	Obtenció de dades climàtiques diàries completes d'un mínim de 10 anys de l'àmbit d'estudi (Fitxa 5).
Millora de la gestió forestal	Determinar i prioritzar les zones vulnerables als incendis (Fitxa 6).
Tractament de la fusta resultant en la gestió forestal	Producció d'estella (Fitxa 7).
	Consum pròxim (Fitxa 8).

Cada acció proposada queda descrita a continuació amb una fitxa. El contingut d'aquestes fitxes és el que es descriu a la **Taula 24**:

Taula 24. Descripció de les fitxes de les accions.

Breu descripció	Explicació de l'acció de forma resumida.
Objectius	Determinació de la finalitat de l'acció proposada.
Persones implicades	Són els agents que es troben involucrats per poder assolir l'acció que es proposa.
Termini d'implantació	Període de temps esperat amb el que l'acció proposada es pot dur a terme. Es defineixen tres terminis d'implementació: curt termini (0-2 anys), mitjà termini (2-6 anys) i llarg termini (més de sis anys).
Prioritat	Es diferencia prioritat alta, mitjana i baixa. Els criteris establerts per definir la prioritat de cada acció són els esmentats a la Taula 25 .
Pressupost	Valor aproximat del cost que suposa realitzar cada acció. Es considera un salari de 30€/hora per la mà d'obra necessària i jornades de 8h diàries.
Beneficis esperats	Millores que es preveuen en els resultats quan l'acció s'ha realitzat.
Indicadors de seguiment	Paràmetres a observar en la realització de l'acció proposada que mostren la magnitud de la millora dels resultats.

Algunes d'aquestes propostes de millora són més necessàries que d'altres per millorar els resultats o l'execució de la gestió. Per determinar la prioritat de cada acció, s'han descrit uns criteris a la **Taula 25**:

Taula 25. Criteris de determinació de prioritats en les accions.

Prioritat alta	Baix preu; els beneficis que s'esperen són de gran mesura; curt termini; no hi ha agents aliens al projecte implicats.
Prioritat mitjana	Preu mitjà; els beneficis que s'esperen donen resultats més acurats; mitjà termini; no hi ha molts agents aliens al projecte implicats.
Prioritat baixa	Preu alt; s'esperen pocs beneficis; llarg termini; es necessita la implicació de molts agents aliens al projecte.

FITXA 1	
Línia estratègica	Millora de futurs projectes
Acció	Calcular les emissions de CO ₂ que s'emeten durant les obres de la gestió forestal
Breu descripció	Conèixer les emissions de CO ₂ que es realitzen en les obres de gestió forestal proposades en el projecte per poder determinar la viabilitat de l'estudi
Objectius	Determinar si el projecte és realment eficient, i per tant, s'ha de dur a la pràctica
Persones implicades	Gestors forestals
Termini d'implantació	Curt termini
Prioritat	Alta
Pressupost	400€ - 500€
Beneficis esperats	Evitar emissions de CO ₂
Indicadors de seguiment	-

FITXA 2	
Línia estratègica	Millora de futurs projectes
Acció	Conèixer la distribució de les espècies més abundants
Breu descripció	Dins la zona estudiada predomina el <i>Pinus halepensis</i> , però s'ha trobat forta presència (que va augmentant) del <i>Quercus ilex</i> subsp. <i>rotundifolia</i> que no s'ha contemplat dins la gestió.
Objectius	Elaborar mapa de distribució i no contemplar la distribució uniforme del <i>Pinus halepensis</i>
Persones implicades	Participants del projecte
Termini d'implantació	Curt termini
Prioritat	Mitjana
Pressupost	1500€
Beneficis esperats	Resultats més exactes tenint en compte la biomassa total d'altres espècies que puguin tenir formacions més o menys denses que el <i>Pinus halepensis</i>
Indicadors de seguiment	Cartografia i inventaris forestals

FITXA 3	
Línia estratègica	Millora de futurs projectes
Acció	Conèixer les gestions forestals que es desenvolupen a la zona de solana
Breu descripció	Un cop mostrejada la zona topogràfica de solana, s'han deduït accions de gestió degut a la presència de soques i arbres de classes diametral grans.
Objectius	Aconseguir un model, del qual partir, molt més precís; ja que no s'obviaran les mesures de gestió que poden ser de gran d'importància.
Persones implicades	Propietaris de la finca i participants del projecte
Termini d'implantació	Curt termini
Prioritat	Mitjana
Pressupost	No s'esperen costos
Beneficis esperats	Modelització més acurada
Indicadors de seguiment	-
Observacions	Hi poden haver dificultats en l'accés a la informació

FITXA 4	
Línia estratègica	Millora de futurs projectes
Acció	Modelització de diversos escenaris de canvi climàtic possibles
Breu descripció	Contemplar diferents escenaris futurs possibles de canvi climàtic a la modelització per tal que es pugui tenir en compte en les simulacions i per tant, en els criteris de gestió forestal
Objectius	Determinar uns criteris de gestió forestal per a la maximització de la capacitat d'embornal de CO2 adaptats al canvi climàtic
Persones implicades	Responsables del projecte
Termini d'implantació	Curt termini
Prioritat	Alta
Pressupost	200€
Beneficis esperats	Obtenir uns criteris de gestió forestal adaptats al canvi climàtic en cada moment del període d'execució de la gestió
Indicadors de seguiment	Diferència entre els criteris de gestió obtinguts en un escenari sense canvi climàtic i un escenari amb canvi climàtic

FITXA 5	
Línia estratègica	Millora de futurs projectes
Acció	Obtenció de dades climàtiques diàries completes d'un mínim de 10 anys de l'àmbit d'estudi
Breu descripció	La modelització necessita dades climàtiques diàries d'un mínim de 10 anys consecutius sense buits d'informació per poder establir una sèrie climàtica a partir de dades reals. Si la sèrie no és completa, es s'han d'omplir els buits d'informació a partir d'altres anys o amb mitjanes de registres dels dies consecutius.
Objectius	Aconseguir les dades climàtiques diàries d'una estació propera a l'àmbit d'estudi amb els menors buits de registres possibles per obtenir una sèrie climàtica basada en dades reals
Persones implicades	Servei Meteorològic de Catalunya
Termini d'implantació	Curt termini
Prioritat	Baixa
Pressupost	120€
Beneficis esperats	Les simulacions es realitzaran seguint el clima propi de l'àmbit d'estudi
Indicadors de seguiment	Comparar el creixement en una simulació realitzada amb la sèrie climàtica generada amb les dades reals de l'àmbit d'estudi i la sèrie climàtica generada a partir de la variabilitat climàtica d'una altra zona

FITXA 6	
Línia estratègica	Millora de la gestió forestal
Acció	Determinar i prioritzar les zones vulnerables als incendis
Breu descripció	Els criteris de gestió forestal per a la prevenció d'incendis són prou oposats als criteris de gestió proposats al projecte. Per poder a dur a terme ambdós objectius, s'ha de tractar el paisatge per determinar quines zones són les més vulnerables als incendis
Objectius	Aconseguir una gestió multifuncional
Persones implicades	Gestors forestals
Termini d'implantació	Mitjà termini
Prioritat	Mitjana
Pressupost	960€
Beneficis esperats	Gestió multifuncional
Indicadors de seguiment	Models de gestió de les ORGEST

FITXA 7	
Línia estratègica	Tractament de la fusta resultant en la gestió forestal
Acció	Producció d'estella
Breu descripció	La fusta que s'obté de les tallades es pot aprofitar per a produir estella. Aquest combustible podria substituir altres fonts de calor menys sostenibles.
Objectius	Aprofitament de la fusta
Persones implicades	Gestors forestals, empreses especialistes en estella
Termini d'implantació	Llarg termini
Prioritat	Alta
Pressupost	100 €/t
Beneficis esperats	S'evita l'extracció d'altres fonts d'energia no renovables, estalvi econòmic
Indicadors de seguiment	-

FITXA 8	
Línia estratègica	Tractament de la fusta resultant en la gestió forestal
Acció	Consum de productes km 0
Breu descripció	Per evitar les emissions de CO ₂ en el transport de l'estella, es pot impulsar el seu consum als municipis propers
Objectius	Evitar emissions de CO ₂
Persones implicades	Empreses especialistes en estella
Termini d'implantació	Llarg termini
Prioritat	Alta
Pressupost	-
Beneficis esperats	Reducció de les emissions de CO ₂
Indicadors de seguiment	Proporció d'estella venuda als municipis propers



8. Bibliografia

ARAGONÉS-GISBERT, J., MIRÓ-CLIMENT, N., DURO-MORENO, J. A., ARTIGAS-IRAEGUI, X., COLMÉ-FABREGAT, M., CURCÓ-MASIP, A., DUCH-CORTINES, J., MONFORT-TENA, J., ROYO-PLA, F., SABATÉ-CARDONA, M., SALADIÉ-GIL, S., SEGURA-BELTRÁN, A. i VIÑAS-SUACH, M. J., 2012. *Memoria de la candidatura La Reserva de Biosfera de Terres de l'Ebre*. 2012. S.l.: s.n.

AZCÁRATE, A., BARGUILLA, G., BASSOLS, J. i CANUDAS, P., 2015. *Captura de carboni a la Vall d'Alinyà: el bosc de pi roig (Pinus sylvestris) a l'Obaga de Colldéu*. 2015. S.l.: s.n.

BELTRÁN, M., PIQUÉ, M., VERICAT, P. i T. CERVERA, 2011. *Models de gestió per als boscos de pi blanc (Pinus halepensis L.): producció de fusta i prevenció d'incendis forestals*. Centre de la Propietat Forestal. Departament d'Agricultura, Ramaderia, Pesca, Alimentació i Medi Natural. Generalitat de Catalunya. S.l.: s.n. Orientaions de gestió forestal sostenible per a Catalunya (ORGEST).

Blog del CREAF (en línia). (Consulta: octubre 2017). Disponible a <http://blog.creaf.cat/>

CALLENDAR, G. S., 1993. The artificial production of carbon dioxide and its influence on temperature. , DOI 10.1002/qj.49706427503.

Consorti de Polítiques Ambientals de les Terres de l'Ebre (en línia). (Consulta: octubre 2017). Disponible a <http://www.copate.cat>

Descobreix les Terres de l'Ebre (en línia) (Consulta: octubre 2017). Disponible a <http://www.ebre.com>

DIPUTACIÓ DE BARCELONA, 2014. Escalfem amb biomassa i conservem els nostres boscos. C/ Comte d'Urgell, 187: s.n.

Enciclopèdia.cat (en línia). (Consulta: octubre 2017). Disponible a <http://www.enciclopedia.cat/>

FARRIOL, R. i MASCORT, F., 2010. *Terminologia forestal en els instruments d'ordenació forestal*. S.l.: Generalitat de Catalunya. Departament de Medi Ambient i Habitatge. Centre de la Propietat Forestal.

GARCIA-PAUSAS, J. i FONS-ESTEVE, J., 1992. *Estructura i creixement d'algunes pinedes en diferents situacions topogràfiques*. Barcelona: s.n.

GRÀCIA, C., 2010. Embornals. . S.l.: Generalitat de Catalunya. Institut d'Estudis Catalans.

GRÀCIA, C., BURRIEL, J.A., IBÀÑEZ, J.J., MATA, T. I VAYREDA, J., 2002. *Inventari Ecològic i Forestal de Catalunya. Regió Forestal VII*. Centre de Recerca Ecològica i Aplicacions Forestals. Edifici C, Universitat Autònoma de Barcelona, 08193 Bellaterra: Argana editio S. C. P. ISBN 84-932860-0-1.

Guia de càlcul d'emissions de gasos amb efecte d'hivernacle (GEH) (en línia). (Consulta: gener 2018). Disponible a http://canviclimatic.gencat.cat/ca/reduex_emissions/guia_de_calcul_de_missions_de_co2/

HEGERL, G. C. i CUBASCH, U. 1996. Greenhouse gas induced climate change. , ISSN 1614-7499. DOI <https://doi.org/10.1007/BF02985499>.

Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya - Vissir3 (en línia) (Consulta: desembre 2017). Disponible a <http://www.icc.cat/vissir3/>

MAURI, A., DI LEO, M., DE RIGO, D., CAUDULLO, G., 2016. *Pinus halepensis* and *Pinus brutia* in Europe: distribution, habitat, usage and threats. A: San-Miguel-Ayanz, J., de Rigo, D., Caudullo, G., Houston Durrant, T., Mauri, A. (Eds.), European Atlas of Forest Tree Species. Publ. Off. EU, Luxembourg, pp. e0166b8+

MINISTERIO DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE, AGRESTA S. COOP i INCA Medio, 2012. *Criterios e indicadores de la gestión forestal sostenible en los bosques españoles*. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, Secretaría General Técnica, Centro de Publicaciones. Madrid: s.n.

MONTERO, G., PASALODOS-TATO, M., MONTOTO, R., LÓPEZ-SENESPLEDA, E., ONRUBIA, R., BRAVO-OVIEDO, A. i RUIZ-PEINADO, R., 2013. *Contenido de Carbono en la biomasa de las principales especies de matorral y arbustados de España*. 2013. S.l.: Sociedad Española de Ciencias Forestales.

MONTZKA, S. A., DLUGOKENCKY, E. J. i BUTLER, J. H., 2011. Non-CO2 greenhouse gases and climate change. , DOI 10.1038.

NADAL-SALA, D., SABATÉ, S. i GRACIA, C., 2014. Gotilwa+: una herramienta para optimizar la gestión forestal adaptada al cambio climático.

Parc Natural del Delta de l'Ebre i Parc Natural dels Ports (en línia) (Consulta: octubre 2017). Disponible a <http://www.parcsnaturals.gencat.cat>

PIÑOL, J i MARTÍNEZ-VILALTA, J., 2006. *Ecología con números*. Bellaterra (Barcelona): Lynx Edicions.

PIQUÉ, M., VERICAT, P., CERVERA, T., BAIGES, T. i FARRIOL, R., 2014. *Tipologies forestals arbrades*. Centre de la Propietat Forestal. Departament d'Agricultura, Ramaderia, Pesca, Alimentació i Medi Natural. Generalitat de Catalunya. S.l.: s.n. Orientacions de gestió forestal sostenible per a Catalunya (ORGEST).

Red Española de Reservas de la Biosfera (en línia) (Consulta: octubre 2017). Disponible a <http://www.htt.rerb.oapn.es>

Reserva de la Biosfera de les Terres de l'Ebre (en línia). (Consulta: octubre 2017). Disponible a <http://www.ebrebiosfera.org>

RIBAS, M., MUNTÁN, E. i GUTIÉRREZ, E., 2017. *Resposta del creixement radial del pi balnc (Pinus halepensis Mill.) a les condicions climàtiques*. S.l.: s.n.

SABATER I COMAS, F., MORGUÍ I CASTELLÓ, J.A. i MUÑOZ GRÀCIA, I., 1997. *Pràctiques d'Ecologia I: Matèria i Energia*. Universitat de Barcelona. S.l.:s.n. ISBN 84-475-3033-5.

Servei Meteorològic de Cataunya (en línia) (Consulta: novembre 2017). Disponible a <http://www.meteo.cat/>

WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION i GLOBAL ATMOSPHERE WATCH, 2016. The State of Greenhouse Gases in the Atmosphere Based on Global Observations through 2015. , ISSN 2078-0796.

Programació

	Setembre				Octubre					Novembre				Desembre				Gener					Febrer
	4	11	18	25	2	9	16	23	30	6	13	20	27	4	11	18	25	1	8	15	22	29	5
Introducció																							
Recerca informació																							
Reunió RBdTE																							
Definició dels objectius i justificació																							
Redacció antecedents																							
Redacció meteorologia																							
Definició estructura del treball																							
Selecció de tres estacions																							
Cartografia de les tres estacions																							
Primera entrega																							
Mesura de paràmetres físics in situ																							
Organització de les dades de camp																							
Segona entrega																							
Càlcul del carboni total fixat																							
Càlcul de la capacitat embornal de CO ₂																							
Càlcul el percentatge d'aclarida òptim																							
Discussió dels resultats																							
Propostes de mètodes de gestió forestal																							
Conclusions del treball																							
Propostes de millora																							
Tercera entrega																							
Redacció del resum del projecte																							
Càlcul del pressupost del treball																							
Càlcul de la petjada ecològica																							
Revisió del treball																							
Entrega final del treball																							
Defensa davant del tribunal																							

Treball de redacció
Treball de camp
Treball de recerca
Treball d'anàlisi
Defensa
Entregar

Pressupost

Costos directes	Concepte			Preu unitari (€)	Unitats	Total (€)
	Recursos humans	Tècnics del projecte	Hores dedicades	30	790	23.700
			Dietes	8	12	96
		Experts	Hores dedicades	60	28	1.680
	Costos de desplaçament	Transport privat	Peatges	7,50	6	45
			Litres de gasolina	1,272	65	83
		Transport públic		8	5	40
	Recursos materials	Impressió de la memòria en color		0,44	200	88
		Enquadernació		1	2	2
		CD		0,80	3	2
Subtotal					25.736,00	
Costos indirectes (20%)					5.147,20	
Cost total sense IVA					30.883,20	
Cost total amb IVA (21%)					37.368,70	

Petjada de carboni

Abast 1: emissions directes	Font d'emissió	Factor d'emissió (g CO ₂ /km)	Distància (km)			Emissions (kg CO ₂)
	Vehicles	2.196	720			142,74
Abast 2: emissions indirectes	Font d'emissió	Factor d'emissió (g CO ₂ /kWh)	Temps (h)		Potència (W)	Emissions (kg CO ₂)
	Ordinadors	308	688		50	10,60
	Llum	308	688		40	8,48
Abast 3: altres emissions indirectes	Font d'emissió	Factor d'emissió (g CO ₂ /passat- gers·km)	#Viatges	#Passat- gers	Distància (km)	Emissions (kg CO ₂)
	Transport ferroviari	33,25	5	2	100	33,25
	Font d'emissió	Factor d'emissió (g CO ₂ /fulla)	#Fulles			Emissions (kg CO ₂)
	Paper	9	200			1,8
Emissions totals del projecte (kg CO ₂)						196,87

Les dades sobre els factors d'emissió s'han obtingut de la versió del març de 2017 de la *Guia pràctica per al càlcul d'emissions de gasos amb efecte d'hivernacle (GEH)* de la Oficina Catalana del Canvi Climàtic.

Annex I

FITXA TÈCNICA DE MATERIAL 1



Nom de l'aparell

Cinta pi

Descripció general de l'aparell

Cinta amb més o menys longitud segons la funció que hagi de desenvolupar, flexible i graduada de manera que indiqui el diàmetre dels cossos cilíndrics directament.

Funció o ús

Obtenir el diàmetre de cossos cilíndrics, en aquest cas, dels troncs mesurats a l'alçada del pit.

FITXA TÈCNICA DE MATERIAL 2



Nom de l'aparell

Cinta mètrica llarga

Descripció general de l'aparell

Una cinta mètrica és una cinta amb més o menys longitud segons la funció que hagi de desenvolupar, flexible i graduada per poder mesurar longituds.

Funció o ús

Mesurar el radi de les parcel·les en les que s'hagi de prendre mesures dels diferents individus.

FITXA TÈCNICA DE MATERIAL 3



Nom de l'aparell	Forcípula
Descripció general de l'aparell	
Instrument que consta d'un regle graduat i de dos braços perpendiculars a aquesta, un fix i l'altre que es desplaça al llarg del regle.	
Funció o ús	
Obtenir el diàmetre dels troncs, mesurats a l'alçada del pit.	

FITXA TÈCNICA DE MATERIAL 4



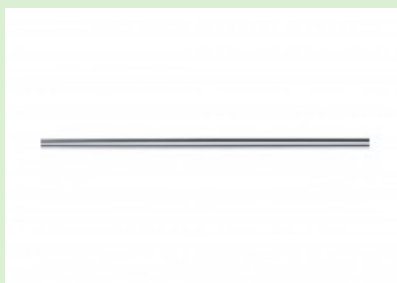
Nom de l'aparell	GPS
Descripció general de l'aparell	
Sistema de navegació per satèl·lit que permet saber amb precisió la mateixa situació geogràfica en qualsevol lloc de la Terra.	
Funció o ús	
Obtenir amb exactitud la situació de les parcel·les de les zones d'estudi.	

FITXA TÈCNICA DE MATERIAL 5



Nom de l'aparell	Clinòmetre
Descripció general de l'aparell	
Aparell que mesura l'angle d'inclinació del pendent d'un terreny respecte al pla horitzontal.	
Funció o ús	
Mesurar el pendent de les parcel·les.	

FITXA TÈCNICA DE MATERIAL 6



Nom de l'aparell	Barra metàl·lica graduada manualment
Descripció general de l'aparell	
Barra la llargada de la qual és coneguda i que, amb l'ajuda d'un martell, es clava en el terreny i ens permet conèixer la profunditat del sòl.	
Funció o ús	
Conèixer la profunditat del sòl de les parcel·les.	

FITXA TÈCNICA DE MATERIAL 7



Nom de l'aparell	Pic
Descripció general de l'aparell	
Eina formada per un mànec de fusta dura al qual està fixada, de manera perpendicular, una peça d'acer o d'un altre metall acabada en una part en punta i l'altra part en un tall perpendicular al mànec.	
Funció o ús	
Remoure la terra per extreure la mostra a garbellar.	

FITXA TÈCNICA DE MATERIAL 8



Nom de l'aparell	Pala
Descripció general de l'aparell	
Eina per excavar o moure material poc cohesionat.	
Funció o ús	
Recollir la terra per a poder-la pesar i garbellar.	

FITXA TÈCNICA DE MATERIAL 9



Nom de l'aparell	Bàscula
Descripció general de l'aparell	
Instrument de mesura que permet determinar el pes dels cossos.	
Funció o ús	
Pesar la mostra de terra recollida abans i després de garbellar-la, per calcular el percentatge d'elements grollers.	

FITXA TÈCNICA DE MATERIAL 10



Nom de l'aparell	Garbell
Descripció general de l'aparell	
Estri metàl·lic que consta d'una anella i una xarxa amb forats de 2 mil·límetres de diàmetre.	
Funció o ús	
Separar materials segons la seva grandària, per calcular la fracció d'elements grollers de cada parcel·la.	

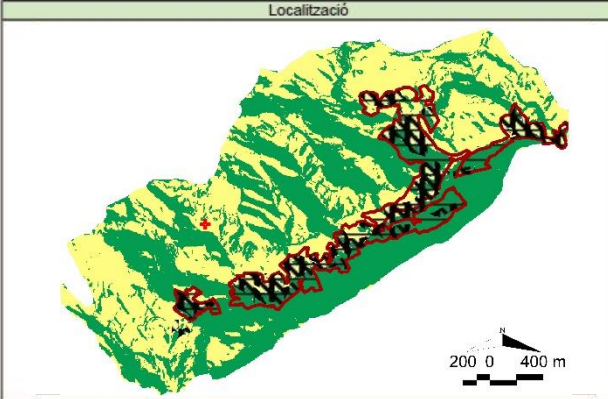
Annex II

Fitxa de camp							
1- Informació general		Codi parcel·la	1.1	UTM 31N	X	280938	Y 4535968
Qualitat de la parcel·la		B		Data mostreig		15 / 11 / 2017 - 11:15h	
Àrea de mostreig (m ²)		267		Temps de desplaçament		3 hores 35 minuts	
Àrea sobre el pla (m ²)		314		Temps de mostreig		28 minuts	
2- Topografia		Altitud (m)	643	Pendent (%)	62	Orientació (°)	Sud-est
3- Sol		Tipus de roca	Calcàrea	Rocositat (%)	30	Erosió	Sense manifestacions erosives
4- Vegetació		Fcc (%)					
5- Estrats de vegetació							
Estrat herbaci		Fcc (%)	20	Estrat arbustiu	Fcc (%)	90	
Fcc (%) total		100	Composició específica	Pura	Distribució espacial de la massa		Uniforme

Individus espècie estudiada - <i>Pinus halepensis</i>	
Peus menors (DN < 7,5 cm)	0
Peus mesurats	14
TOTAL (menors + adults)	14
Densitat individus majors (ind/ha)	445.9
Densitat individus menors (ind/ha)	0
Densitat total (ind/ha)	445.9

Arbres mesurats - <i>Pinus halepensis</i>			
Individu	DN (cm)	Individu	DN (cm)
1-	27.7	21-	
2-	35.1	22-	
3-	27.3	23-	
4-	25.6	24-	
5-	29.3	25-	
6-	32.8	26-	
7-	26.6	27-	
8-	22.7	28-	
9-	18.8	29-	
10-	22.6	30-	
11-	7.7	31-	
12-	26.3	32-	
13-	21	33-	
14-	27.5	34-	
15-		35-	
16-		36-	
17-		37-	
18-		38-	
19-		39-	
20-		40-	

Distribució dels individus per classes diametral	
CD	Individus
5	0
10	1
15	0
20	2
25	7
30	2
35	2
40	0
45	0



Espècies
<i>Juniperus phoenicea</i>
<i>Juniperus oxycedrus</i>
<i>Rubia peregriana</i>
<i>Pistacia lentiscus</i>
<i>Rosmarinus officinalis</i>
<i>Quercus coccifera</i>
<i>Smilax aspera</i>

Observacions: En aquesta parcel·la s'han dut a terme tractaments silvícoles, ja que s'han trobat pins talats i diverses accions de gestió. Es tracta d'una zona amb afloracions rocoses però no de manera uniforme.

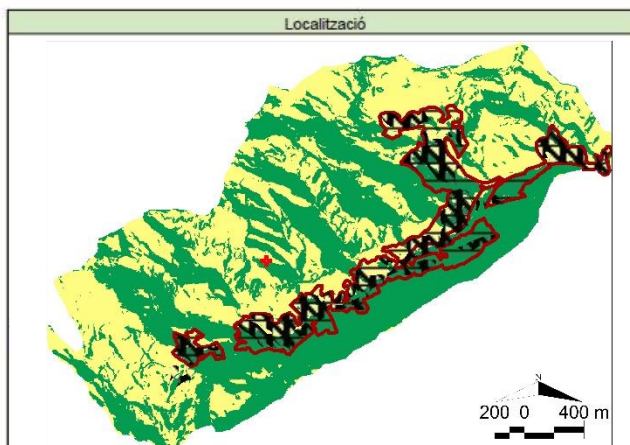
Fitxa de camp

1- Informació general		Codi parcel·la	1.2	UTM 31N	X	281331 Y	4535979
Qualitat de la parcel·la		B		Data mostreig		13 / 12 / 2017 - 10:15h	
Àrea de mostreig (m²)		280		Temps de desplaçament		2 hores 20 minuts	
Àrea sobre el pla (m²)		314		Temps de mostreig		25 minuts	
2- Topografia		Altitud (m)	627	Pendent (%)	51	Orientació (°)	Sud-est
3- Sòl		Tipus de roca	Calcàrea	Rocositat (%)	73.72	Erosió	Sense manifestacions erosives
4- Vegetació		Fcc (%)					
5- Estrats de vegetació							
Estrat herbaci	Fcc (%)	20	Estrat arbustiu	Fcc (%)	90		
Fcc (%) total		100	Composició específica	Pura	Distribució espacial de la massa		Uniforme

Individus espècie estudiada - Pinus halepensis	
Peus menors (DN < 7,5 cm)	0
Peus mesurats	9
TOTAL (menors + adults)	9
Densitat individus majors (ind/ha)	286.624
Densitat individus menors (ind/ha)	0
Densitat total (ind/ha)	287

Arbres mesurats - Pinus halepensis			
Individu	DN (cm)	Individu	DN (cm)
1-	31.6	21-	
2-	25.3	22-	
3-	37.8	23-	
4-	25.2	24-	
5-	22.4	25-	
6-	36.1	26-	
7-	41.5	27-	
8-	23.4	28-	
9-	34.4	29-	
10-		30-	
11-		31-	
12-		32-	
13-		33-	
14-		34-	
15-		35-	
16-		36-	
17-		37-	
18-		38-	
19-		39-	
20-		40-	

Distribució dels individus per classes diametral	
CD	Individus
5	0
10	0
15	0
20	1
25	3
30	1
35	2
40	2
45	0



Espècies	
<i>Asparagus officinalis</i>	<i>Quercus ilex</i>
<i>Brachypodium distachyon</i>	<i>Smilax aspera</i>
<i>Erica multiflora</i>	
<i>Hedera helix</i>	
<i>Juniperus phoenicea</i>	
<i>Juniperus oxycedrus</i>	
<i>Rubia peregrina</i>	
<i>Pistacia lentiscus</i>	
<i>Rosmarinus officinalis</i>	
<i>Quercus coccifera</i>	

Observacions: Es tracta d'una zona amb afloracions rocoses però no de manera uniforme.

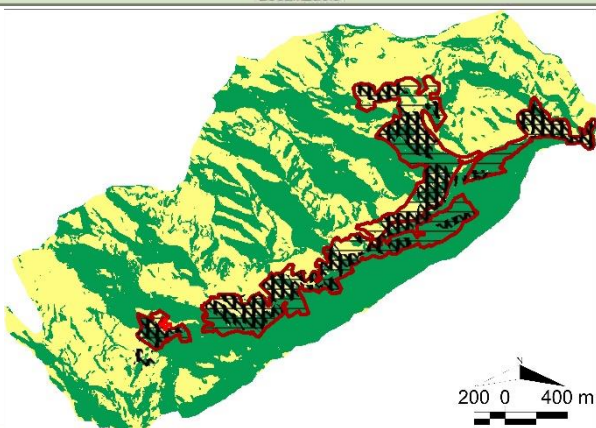
Fitxa de camp

1-Informació general		Codi parcel·la	1.3	UTM 31N	X	280887	Y	4535430
Qualitat de la parcel·la		B			Data mostreig		13 / 12 / 2017 - 10:15h	
Àrea de mostreig (m^2)		280			Temps de desplaçament		2 hores 20 minuts	
Àrea sobre el pla (m^2)		314			Temps de mostreig		10 minuts	
2-Topografia		Altitud (m)	597	Pendent (%)	52	Orientació (°)	Sud-oest	
3-Sòl		Tipus de roca	Calcàrea	Rocositat (%)	61.63	Erosió	Sense manifestacions erosives	
4-Vegetació		Fcc (%)						
5-Estrats de vegetació								
Estrat herbaci		Fcc (%)	20	Estrat arbustiu	Fcc (%)		90	
Fcc (%) total		100	Composició específica	Pura	Distribució espacial de la massa		Uniforme	

Individus espècie estudiada - Pinus halepensis	
Peus menors (DN < 7,5 cm)	2
Peus mesurats	11
TOTAL (menors + adults)	13
Densitat individus majors (ind/ha)	350.3184713
Densitat individus menors (ind/ha)	63.69426752
Densitat total (ind/ha)	414.0127389

Arbres mesurats - Pinus halepensis			
Individu	DN (cm)	Individu	DN (cm)
1-	25.2	21-	
2-	32.2	22-	
3-	14.3	23-	
4-	23.6	24-	
5-	23.9	25-	
6-	21.5	26-	
7-	26.3	27-	
8-	28.9	28-	
9-	22.2	29-	
10-	30.1	30-	
11-	30.1	31-	
12-		32-	
13-		33-	
14-		34-	
15-		35-	
16-		36-	
17-		37-	
18-		38-	
19-		39-	
20-		40-	

Distribució dels individus per classes diametral		
CD	Individus	
5		2
10		0
15		1
20		2
25		4
30		4
35		0
40		0
45		0

Localització

Espècies
<i>Chamaerops humilis</i> <i>Juniperus phoenicea</i> <i>Juniperus oxycedrus</i> <i>Rubia peregrina</i> <i>Pistacia lentiscus</i> <i>Rosmarinus officinalis</i> <i>Quercus coccifera</i> <i>Quercus ilex</i> <i>Smilax aspera</i>

Observacions:

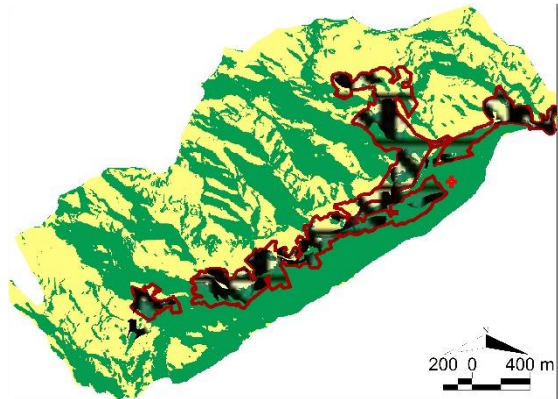
Fitxa de camp									
1- Informació general		Codi parcel·la	2.1	UTM 31N	X	282921	Y	4536226	
Qualitat de la parcel·la		B				Data mostreig		15 / 11 / 2017 - 12.40h	
Àrea de mostreig (m²)		293					Temps de desplaçament		4 hores 50 minuts
Àrea sobre el pla (m²)		314					Temps de mostreig		25 minuts
2- Topografia		Altitud (m)	402	Pendent (%)	38	Orientació (°)	Nord-oest		
3- Sòl		Tipus de roca	Calçàrea	Rocositat (%)	5	Erosió	Sense manifestacions erosives		
4- Vegetació		Fcc (%)							
5- Estrats de vegetació									
Estrat herbaci		Fcc (%)	7	Estrat arbustiu		Fcc (%)	95		
Fcc (%) total		100		Composició específica		Pura	Distribució espacial de la massa		Uniforme

Individus espècie estudiada - <i>Pinus halepensis</i>	
Peus menors (DN < 7,5 cm)	29
Peus mesurats	33
TOTAL (menors + adults)	62
Densitat individus menors (ind/ha)	923
Densitat individus majors (ind/ha)	1050
Densitat total (ind/ha)	1973

Arbres mesurats - <i>Pinus halepensis</i>			
Individu	DN (cm)	Individu	DN (cm)
1-	34	21-	7.5
2-	30.7	22-	19.6
3-	17.6	23-	12
4-	20.9	24-	29.9
5-	9.5	25-	16.9
6-	15.3	26-	19.2
7-	18	27-	14.4
8-	30.7	28-	8.5
9-	17	29-	10.2
10-	7.6	30-	11.2
11-	26.2	31-	8.3
12-	12.1	32-	15.2
13-	21.3	33-	25.6
14-	12.5	34-	
15-	20	35-	
16-	30.4	36-	
17-	12.5	37-	
18-	20.9	38-	
19-	11	39-	
20-	24.9	40-	

Distribució dels individus per classes diametral	
CD	Individus
5	0
10	34
15	8
20	9
25	4
30	3
35	4
40	0
45	0

Localització



Espècies	
<i>Chamaerops humilis</i>	<i>Smilax aspera</i>
<i>Erica multiflora</i>	
<i>Hedera helix</i>	
<i>Juniperus oxycedrus</i>	
<i>Phyllirea angustifolia</i>	
<i>Pistacia lentiscus</i>	
<i>Quercus coccifera</i>	
<i>Quercus ilex</i>	
<i>Rhamnus alaternus</i>	
<i>Rubia peregrina</i>	

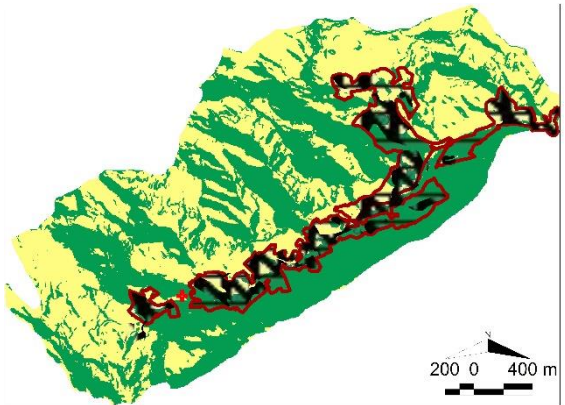
Observacions:	Zona no bancalada
---------------	-------------------

Fitxa de camp							
1- Informació general		Codi parcel·la	2.2	UTM 31N	X	281068	Y 4535464
Qualitat de la parcel·la		B		Data mostreig		13 / 12 / 2017 - 10:15h	
Àrea de mostreig (m²)		295		Temps de desplaçament		2 hores 20 minuts	
Àrea sobre el pla (m²)		314		Temps de mostreig		15 minuts	
2- Topografia		Altitud (m)	544	Pendent (%)	37	Orientació (°)	Sud-est
3- Sòl		Tipus de roca	Calcàrea	Rocositat (%)	73.97	Erosió	Sense manifestacions erosives
4- Vegetació		Fcc (%)					
5- Estrats de vegetació							
Estrat herbaci	Fcc (%)	7	Estrat arbustiu	Fcc (%)	95		
Fcc (%) total	100	Composició específica	Pura	Distribució espacial de la massa	Uniforme		

Individus espècie estudiada - Pinus halepensis	
Peus menors (DN < 7,5 cm)	14
Peus mesurats	28
TOTAL (menors + adults)	42
Densitat individus majors (ind/ha)	891.7197452
Densitat individus menors (ind/ha)	445.8598726
Densitat total (ind/ha)	1337.579618

Arbres mesurats - Pinus halepensis			
Individu	DN (cm)	Individu	DN (cm)
1-	25.9	21-	9.1
2-	11.3	22-	13.9
3-	13	23-	8.5
4-	12.7	24-	8.3
5-	20.9	25-	9.5
6-	27.5	26-	14
7-	27.9	27-	10.1
8-	16.1	28-	36.4
9-	28.3	29-	
10-	15.6	30-	
11-	12.2	31-	
12-	13.6	32-	
13-	17.6	33-	
14-	26.4	34-	
15-	23	35-	
16-	19	36-	
17-	17.3	37-	
18-	28.9	38-	
19-	10.4	39-	
20-	19.3	40-	

Distribució dels individus per classes diametral	
CD	Individus
5	14
10	8
15	8
20	4
25	3
30	4
35	1
40	0
45	0

Localització	
	
Espècies	
<i>Chamaerops humilis</i>	<i>Smilax aspera</i>
<i>Cistus albidus</i>	
<i>Erica multiflora</i>	
<i>Hedera helix</i>	
<i>Olea europaea</i>	
<i>Pistacia lentiscus</i>	
<i>Quercus coccifera</i>	
<i>Rhamnus alaternus</i>	
<i>Rubia peregrina</i>	
<i>Ruscus aculeatus</i>	

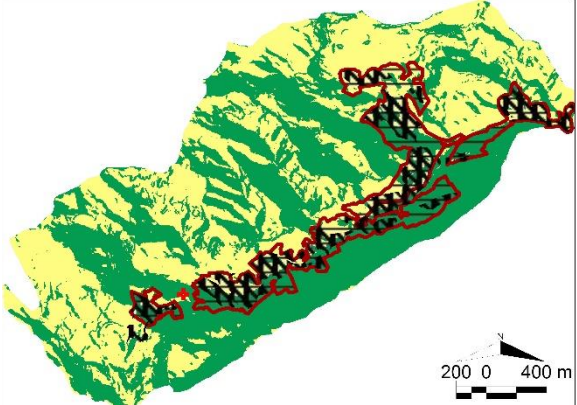
Observacions:	Carrasca*
---------------	-----------

Fitxa de camp							
1- Informació general		Codi parcel·la	2.3	UTM 31N	X	281053	Y 4535481
Qualitat de la parcel·la		B		Data mostreig		13 / 12 / 2017 - 10:15h	
Àrea de mostreig (m ²)		298		Temps de desplaçament		2 hores 20 minuts	
Àrea sobre el pla (m ²)		314		Temps de mostreig		10 minuts	
2- Topografia		Altitud (m)	395	Pendent (%)	32	Orientació (°)	Sud-est
3- Sòl		Tipus de roca	Calcàrea	Rocositat (%)	60.24	Erosió Sense manifestacions erosives	
4- Vegetació		Fcc (%)					
5- Estrats de vegetació							
Estrat herbaci	Fcc (%)	7	Estrat arbustiu	Fcc (%)	95		
Fcc (%) total	100	Composició específica	Pura	Distribució espacial de la massa	Uniforme		

Individus espècie estudiada - Pinus halepensis	
Peus menors (DN < 7,5 cm)	18
Peus mesurats	22
TOTAL (menors + adults)	40
Densitat individus majors (ind/ha)	700.6369427
Densitat individus menors (ind/ha)	573.2484076
Densitat total (ind/ha)	1273.88535

Arbres mesurats - Pinus halepensis			
Individu	DN (cm)	Individu	DN (cm)
1-	11.1	21-	23.1
2-	15.4	22-	9.1
3-	27.9	23-	
4-	18	24-	
5-	7.6	25-	
6-	15.1	26-	
7-	19	27-	
8-	9.1	28-	
9-	14.7	29-	
10-	13.7	30-	
11-	20	31-	
12-	7.9	32-	
13-	34	33-	
14-	33	34-	
15-	16.7	35-	
16-	22.6	36-	
17-	36.4	37-	
18-	21.2	38-	
19-	20.4	39-	
20-	20.2	40-	

Distribució dels individus per classes diametral	
CD	Individus
5	18
10	5
15	5
20	6
25	2
30	1
35	3
40	0
45	0

Localització


Espècies
<i>Cistus albidus</i>
<i>Erica multiflora</i>
<i>Hedera helix</i>
<i>Olea europaea</i>
<i>Pistacia lentiscus</i>
<i>Quercus coccifera</i>
<i>Rhamnus alaternus</i>
<i>Rubia peregrina</i>
<i>Smilax aspera</i>

Observacions:	
----------------------	--

Fitxa de camp							
1-Informació general		Codi parcel·la	3.1	UTM 31N	X	282614	Y 4535973
Qualitat de la parcel·la		B		Data mostreig		15 / 11 / 2017 - 12h	
Àrea de mostreig (m²)		314		Temps de desplaçament		4 hores 10 minuts	
Àrea sobre el pla (m²)		314		Temps de mostreig		20 minuts	
2-Topografia		Altitud (m)	416	Pendent (%)	0	Orientació (°)	Nord-oest
3-Sòl	Tipus de roca	Calcàrea	Rocositat (%)	2	Erosió	Sense manifestacions erosives	
4-Vegetació		Fcc (%)					
5-Estrats de vegetació							
Estrat herbaci		Fcc (%)	5	Estrat arbustiu	Fcc (%)	60	
Fcc (%) total		100		Composició específica	Pura	Distribució espacial de la massa	Uniforme

Individus espècie estudiada - <i>Pinus halepensis</i>	
Peus menors (DN < 7,5 cm)	64
Peus mesurats	36
TOTAL (menors + adults)	100
Densitat individus menors (ind/ha)	1146
Densitat individus majors (ind/ha)	2037
Densitat total (ind/ha)	3183

Arbres mesurats - <i>Pinus halepensis</i>			
Individu	DN (cm)	Individu	DN (cm)
1-	9,9	21-	27,1
2-	14,1	22-	16,5
3-	13	23-	19,3
4-	11,4	24-	8,5
5-	22,6	25-	17,5
6-	7,9	26-	21,6
7-	22,2	27-	10,2
8-	8,7	28-	15,9
9-	9,2	29-	26,8
10-	17,9	30-	17,1
11-	27,5	31-	18,6
12-	32	32-	30,1
13-	26,9	33-	18,6
14-	17,5	34-	11
15-	18,5	35-	21,5
16-	10,1	36-	25,1
17-	10,6	37-	
18-	33,1	38-	
19-	8	39-	
20-	12	40-	

Distribució dels individus per classes diametral	
CD	Individus
5	15
10	60
15	7
20	8
25	6
30	3
35	0
40	0
45	0
99	

Localització

Espècies

- Juniperus phoenicea*
- Juniperus oxycedrus*
- Rubia peregrina*
- Pistacia lentiscus*
- Rosmarinus officinalis*
- Quercus coccifera*
- Smilax aspera*

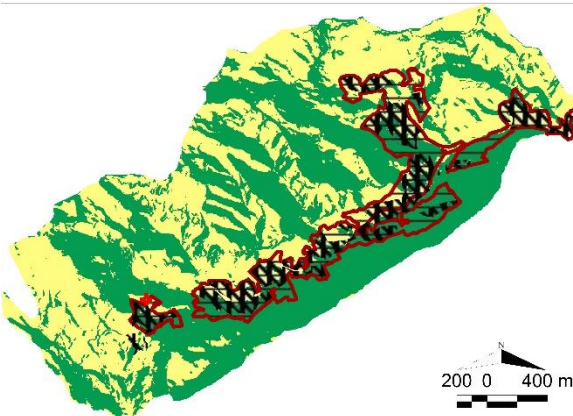
Observacions:	Antiga plantació oliveres
Bancals	

Fitxa de camp									
1- Informació general		Codi parcel·la	3.2	UTM 31N	X	280811	Y	4535500	
Qualitat de la parcel·la		B			Data mostreig		13 / 12 / 2017 - 10:15h		
Àrea de mostreig (m ²)		314			Temps de desplaçament		2 hores 20 minuts		
Àrea sobre el pla (m ²)		314			Temps de mostreig		20 minuts		
2- Topografia		Altitud (m)	613	Pendent (%)	0	Orientació (°)		Sud-oest	
3- Sòl		Tipus de roca	Calcàrea	Rocositat (%)	77.93	Erosió	Sense manifestacions erosives		
4- Vegetació		Fcc (%)							
5- Estrats de vegetació									
Estrat herbaci	Fcc (%)	5	Estrat arbustiu	Fcc (%)	60				
Fcc (%) total		100	Composició específica		Pura	Distribució espacial de la massa		Uniforme	

Individus espècie estudiada - Pinus halepensis	
Peus menors (DN < 7,5 cm)	7
Peus mesurats	25
TOTAL (menors + adults)	32
Densitat individus majors (ind/ha)	796.1783439
Densitat individus menors (ind/ha)	222.9299363
Densitat total (ind/ha)	1019.10828

Arbres mesurats - Pinus halepensis			
Individu	DN (cm)	Individu	DN (cm)
1-	10.4	21-	18.6
2-	20.6	22-	29.9
3-	14	23-	19.9
4-	9.6	24-	27.8
5-	26.1	25-	10
6-	12.2	26-	
7-	20.3	27-	
8-	28.6	28-	
9-	24.9	29-	
10-	32	30-	
11-	40.9	31-	
12-	30	32-	
13-	19.4	33-	
14-	31.2	34-	
15-	8.1	35-	
16-	35.9	36-	
17-	24.2	37-	
18-	14.3	38-	
19-	22	39-	
20-	13	40-	

Distribució dels individus per classes diametral	
CD	Individus
5	7
10	5
15	3
20	6
25	3
30	6
35	1
40	1
45	0

Localització	
	

Espècies	
<i>Asparagus officinalis</i>	<i>Quercus coccifera</i>
<i>Chamaerops humilis</i>	<i>Quercus ilex</i>
<i>Erica arborea</i>	<i>Rhamnus alaternus</i>
<i>Erica multiflora</i>	<i>Rubia peregrina</i>
<i>Hedera helix</i>	<i>Smilax aspera</i>
<i>Juniperus oxycedrus</i>	
<i>Lonicera implexa</i>	
<i>Olea europaea</i>	
<i>Phyllirea angustifolia</i>	
<i>Pistacia lentiscus</i>	

Observacions:

Fitxa de camp							
1- Informació general		Codi parcel·la	3.3	UTM 31N	X	280690	Y 4535477
Qualitat de la parcel·la		B		Data mostreig		13 / 12 / 2017 - 10:15h	
Àrea de mostreig (m²)		314		Temps de desplaçament		2 hores 20 minuts	
Àrea sobre el pla (m²)		314		Temps de mostreig		15 minuts	
2- Topografia		Altitud (m)	605	Pendent (%)	0	Orientació (°)	Sud-oest
3- Sòl		Tipus de roca	Calcàrea	Rocositat (%)	75.75	Erosió Sense manifestacions erosives	
4- Vegetació		Fcc (%)					
5- Estrats de vegetació							
Estrat herbaci		Fcc (%)	5	Estrat arbustiu	Fcc (%)	60	
Fcc (%) total		100	Composició específica		Pura	Distribució espacial de la massa Uniforme	

Individus espècie estudiada - Pinus halepensis	
Peus menors (DN < 7,5 cm)	11
Peus mesurats	35
TOTAL (menors + adults)	46
Densitat individus majors (ind/ha)	1114.649682
Densitat individus menors (ind/ha)	350.3184713
Densitat total (ind/ha)	1464.968153

Arbres mesurats - Pinus halepensis			
Individu	DN (cm)	Individu	DN (cm)
1-	32.9	21-	29.5
2-	11.9	22-	10.2
3-	20.1	23-	16.4
4-	25.9	24-	16.6
5-	25.2	25-	26.5
6-	14.4	26-	17.2
7-	11.8	27-	29
8-	23.3	28-	19.2
9-	24.6	29-	30.6
10-	30.4	30-	12.4
11-	28	31-	20.5
12-	9.5	32-	28.2
13-	30.3	33-	19.6
14-	29.9	34-	32.4
15-	7.6	35-	27.6
16-	7.9	36-	
17-	16	37-	
18-	32.3	38-	
19-	23.5	39-	
20-	21.9	40-	

Distribució dels individus per classes diametral	
CD	Individus
5	11
10	7
15	5
20	5
25	5
30	12
35	1
40	0
45	0

Espècies	
<i>Cistus albidus</i>	<i>Rubia peregrina</i>
<i>Chamaerops humilis</i>	<i>Smilax aspera</i>
<i>Erica multiflora</i>	
<i>Hedera helix</i>	
<i>Juniperus oxycedrus</i>	
<i>Phyllirea angustifolia</i>	
<i>Pistacia lentiscus</i>	
<i>Quercus coccifera</i>	
<i>Quercus ilex</i>	
<i>Rhamnus alaternus</i>	

Observacions:	Carrasca*
---------------	-----------